



Universidad
Carlos III de Madrid

Diseño de Instalación Solar Térmica Multipropósito para un Restaurante en Las Rozas (Madrid)

AUTOR:

ALBERTO LORENZANA GAONA

TUTOR:

RUBÉN VENTAS GARZÓN

Leganés
Noviembre 2012

TÍTULO: DISEÑO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA MULTIPROPÓSITO
PARA UN RESTAURANTE EN LAS ROZAS (MADRID).

AUTOR: ALBERTO LORENZANA GAONA

TUTOR: RUBÉN VENTAS GARZÓN

EL TRIBUNAL

Presidente: _____

Vocal: _____

Secretario: _____

Realizado el acto de defensa y lectura del Proyecto Fin de Carrera el día ____ de
_____ de _____ en Leganés, en la Escuela Politécnica Superior de la Universidad
Carlos III de Madrid, acuerda otorgarle la CALIFICACIÓN de _____.

SECRETARIO

VOCAL

PRESIDENTE

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a mi madre, que no ha podido ver terminar lo que con su gran esfuerzo ayudó a empezar. Sé que está orgullosa y feliz.

Deseo agradecer por todo su cariño, apoyo y comprensión a mi familia, que siempre me ha animado en los malos y buenos momentos a lo largo de este camino. En especial a mi padre por seguir apoyándome en todo lo que necesito. A mi hermano, hemos recorrido el camino juntos, apoyándonos a seguir para adelante. A mis tías, Encarna y Trini, siempre apoyando en todo en los duros momentos. Acordarme también, de mis abuelos, primos, tíos siempre atentos a los pasitos logrados.

A mis compañeros de universidad, a todos ellos, Juan, Javi, Jorge, Rubén, Adrián, Gonzalo,... uno más que termina, esto no es un final, la amistad seguirá en el futuro. Una parte de este trabajo es también vuestra.

A todos los amigos de siempre, animándome cuando aparecía el desánimo, distrayéndome de mis deberes universitarios cuando era necesario con momentos de diversión.

Y sobre todo, a mi novia por su apoyo en todo momento, en lo bueno o en lo malo. Con toda su ayuda, todas sus horas de paciencia estando al lado mío. Sin ti, esto no podía haber salido bien, sabes que este trabajo tiene una parte tuya. Gracias Lorena.

Por último, quiero recordar a Rubén Ventas, por sus consejos y enseñanzas por estos años de carrera y por su simpatía a la hora de solucionar las dudas. Siempre disponible para cualquier problema, preocupándose de la realización del proyecto.

Muchas gracias a todos.

RESUMEN

Este proyecto consiste en el diseño de una instalación solar térmica para tres propósitos. Se va a abastecer parcialmente de Agua Caliente Sanitaria (ACS), Calefacción y Refrigeración en un restaurante de comida rápida situado en la localidad de Las Rozas. Con ayuda de una caldera de apoyo se va a abastecer la demanda total.

Para el diseño de la instalación se han cumplido las normativas del Código Técnico de la Edificación (CTE) en materia de ACS, el cual establece unos niveles mínimos de contribución solar para ACS en edificios de nueva construcción y rehabilitación. El restaurante consta de 336,42 m² de superficie en una planta baja, disponiendo de una cubierta con una superficie de más de 700 m² para la colocación de los colectores solares.

Para ver las diferentes alternativas en el diseño de una instalación se han realizado 2 estudios diferentes. El primero, una instalación de ACS exclusivamente compuesta por 46,62 m² de colectores solares y una segunda instalación de calefacción y refrigeración compuesta por 88,80 m² de captadores solares además de la instalación de ACS, por lo que la instalación conjunta de ACS, calefacción y refrigeración está compuesta por 135,42 m² de captadores solares.

En la instalación de refrigeración se va a utilizar una máquina de absorción, por lo que se necesitarán temperaturas más altas de las que se necesitarían para una instalación de ACS habitual, con lo que se van a utilizar tubos de vacío en lugar de colectores planos.

Primero se ha calculado la demanda de ACS requerida para nuestro restaurante siguiendo los requisitos del CTE. También se han calculado las cargas térmicas requeridas para la calefacción y refrigeración. Posteriormente se ha diseñado cada instalación con sus componentes y sistemas de apoyo necesarios para la satisfacción total de las demandas de ACS, calefacción y refrigeración. Para analizar más en profundidad la inclinación de los colectores solares, se ha realizado un pequeño análisis de dos inclinaciones diferentes para elegir la más apropiada a las necesidades requeridas.

Otro aspecto que se ha tenido en cuenta son las pérdidas de calor tanto en las tuberías expuestas en el exterior como en el tanque de almacenamiento, ya que son los dos aspectos más importantes de pérdidas de calor en esta instalación.

Se ha realizado un estudio del impacto ambiental de cada instalación con el cálculo de emisiones de CO₂.

Además, se ha realizado un estudio económico de cada instalación calculando los costes iniciales, como los de mantenimiento, ahorro de combustible y emisiones ahorradas al realizar esta instalación.

Para finalizar, se han expuesto las conclusiones del estudio realizado, analizando la rentabilidad de cada una de las instalaciones, así como las líneas de análisis futuras.

ABSTRACT

The aim of this project is to design a thermal solar installation with three purposes. This installation will be able to supply of sanitary hot water (ACS), heating and air-conditioning for a fast food restaurant located in Las Rozas. The total necessity will be supply with a extra boiler.

During the execution of this Project it has been necessary to follow the belonging regulations of the Spanish Building Technical Code (CTE) about sanitary hot water (HSW). This Code establishes the minimum levels of solar contributions for this kind of sanitary hot water (HSW) in new buildings and restorations. The restaurant is located on the ground floor which one is about 336,42 m² and the roof could be used for locating the solar collectors which one is more 700 m².

To provide the different alternatives of design, two different configurations are studied. The first one is a sanitary hot water (HSW) installation exclusively composed of 46,62 m² of solar collectors. The second one is a heating and air-conditioning installation composed of 88,80 m² of solar collectors with HSW, which composed of 135,42 m² of solar collectors.

An absorption chiller is used for the air-conditioning installation. Higher temperatures are needed because of the use of the absorption chiller than the necessary using a sanitary hot water (HSW) installation. For these reason vacuum-pipelines are used instead of flat collectors.

First it has been calculate the necessary sanitary hot water (HSW) for our restaurant following the regulations of the Spanish Building Technical Code (CTE). The thermal charges needed are been calculated too for heating and air-conditioning. Then it has been designed each one of the installations with all the necessary and support systems to supply the total needed demand of sanitary hot water, heating and air-conditioning. To get a deeper analysis of the inclination of the solar collectors, it has been done a quick study of two different inclinations for to choose which one is the most appropriated for requirements.

Other aspects has been keep in mind are the waste of heat produced along the pipes exposed in the exterior and the storage tank, because these are two of the most important points of the waste of heat in the installation.

It has been calculated the environmental impact of each one of the installations with the CO₂ emission levels.

Also it has been done an economic analysis of each one of the installations, calculating initials costs, maintenance costs and fuel and emissions savings.

Finally, it has been show some conclusions of the study. In this section will be calculated the profitability of each one of the installations and futures lines of analysis.

ÍNDICE

CAPÍTULO 1. Introducción y objetivos.....	16
1.1 Motivación.....	17
1.2 Objetivos.....	17
1.3 Fases de desarrollo.....	17
1.4 Medios empleados	18
1.5 Estructura de la memoria	19
CAPÍTULO 2. Localización y condiciones climáticas del emplazamiento	21
2.1 Localización.....	22
2.2 Condiciones climáticas generales	23
CAPÍTULO 3. Estructura y distribución del local.....	24
3.1 Estructura principal.....	25
3.2 Distribución del local.....	26
CAPÍTULO 4. Cálculo de la demanda de ACS.....	28
4.1 Cálculo de la demanda de ACS	29
CAPÍTULO 5. Cálculo de la carga térmica del local	33
5.1 Condiciones de diseño	34
5.1.1 Condiciones interiores de diseño.....	34
5.1.2 Condiciones exteriores de diseño	35
5.2 Cálculo de la carga térmica.....	40
5.2.1 Cargas por transmisión.....	41
5.2.1.1 Carga por transmisión en los cerramientos verticales	41
5.2.1.2 Carga por transmisión en los cerramientos horizontales	48
5.2.1.3 Comprobación de los coeficientes globales de transferencia de calor...52	
5.2.1.4 Cálculo de las cargas por transmisión	53
5.2.2 Cargas por radiación.....	54
5.2.3 Cargas por ventilación.....	55
5.2.3.1 Carga de ventilación sensible	56
5.2.3.2 Carga de ventilación latente.....	56
5.2.4 Cargas internas	57
5.2.4.1 Cargas debidas a los ocupantes.....	57
5.2.4.2 Cargas debidas a iluminación	58
5.2.4.3 Cargas debidas a equipos/maquinaria.....	58
5.2.5 Cargas debidas a infiltraciones.....	59
5.3 Resultados de la carga térmica	59
CAPÍTULO 6. Descripción y elementos de la instalación	62
6.1 Introducción a la instalación.....	63
6.1.1 Antecedentes	63
6.2 Elementos de la instalación	64

6.2.1 Colectores solares	64
6.2.1.1 Fluido de trabajo	65
6.2.1.2 Clasificación colectores solares	66
6.2.1.2.1 Tubos de vacío: Flujo directo	68
6.2.1.2.2 Tubos de vacío: Heat pipe	69
6.2.1.2.3 Tubos de vacío: Concentrador (CPC).....	70
6.2.1.3 Conexión de los paneles solares entre sí.....	71
6.2.2 Intercambiadores de calor	72
6.2.3 Tanque de almacenamiento.....	72
6.2.4 Tanque para ACS	73
6.2.5 Sistema de tuberías.....	73
6.2.6 Bombas de circulación de fluidos	73
6.2.7 Vaso de expansión	74
6.2.8 Purgadores de aire o vapor.....	74
6.2.9 Válvulas	75
6.2.10 Elementos del sistema de refrigeración	75
6.2.10.1 Máquina de absorción.....	75
6.2.10.2 Climatizadores	77
6.2.11 Caldera de apoyo.....	78
6.2.12 Manómetros e hidrómetros	78
6.2.13 Válvulas de seguridad y antirretorno	78
6.2.14 Termómetros y termostatos.....	78
6.2.15 Purgadores.....	79
6.2.16 Sensor de radiación	79
6.2.17 Sondas y centralitas.....	79
6.3 Principales sistemas de esta instalación.....	79
6.3.1 Sistema de ACS	79
6.3.2 Sistema de Calefacción y Refrigeración	80
6.3.2.1 Configuración para Calefacción	81
6.3.2.2 Configuración para Refrigeración	81
6.3.3 Sistema de regulación y control	82
CAPÍTULO 7. Cálculo de inclinación y posicionamiento de los colectores.....	83
7.1 Introducción.....	84
7.2 Inclinación y orientación de captadores	84
7.3 Distancia entre filas y determinación de sombras	86
7.3.1 Método abreviado	87
7.3.2 Método trigonométrico	87
CAPÍTULO 8. Diseño de la instalación solar para el suministro exclusivo de agua caliente sanitaria.....	88

8.1 Introducción al diseño del sistema de ACS	89
8.2 Presentación de los datos de partida	89
8.3 Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa sin pérdidas.....	91
8.3.1 Sistema de ecuaciones.....	92
8.3.2 Resultados del diseño.....	97
8.4 Cálculos de las pérdidas de calor de la instalación.....	100
8.4.1 Cálculo de las pérdidas de calor en los conductos	101
8.4.1.1 Resistencias térmicas en los conductos que transcurren por el exterior..	101
8.4.1.2 Pérdidas de calor en los conductos	103
8.4.2 Cálculo de las pérdidas en el tanque de almacenamiento	104
8.4.2.1 Resistencias térmicas del tanque de almacenamiento.....	105
8.4.2.2 Pérdidas en el tanque de almacenamiento	106
8.5 Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa con pérdidas.....	108
8.5.1 Sistema de ecuaciones.....	108
8.5.2 Resultados del diseño con pérdidas	114
8.6 Cálculo del resto de componentes de la instalación de ACS.....	117
8.6.1 Circuito primario.....	117
8.6.1.1 Intercambiador de calor	117
8.6.1.2 Bomba.....	118
8.6.1.3 Vaso de expansión	121
8.6.2 Circuito secundario	122
8.6.2.1 Tanque de acumulación	122
8.6.2.2 Bomba del circuito secundario	123
8.6.2.3 Vaso de expansión	125
8.6.3 Circuito terciario	125
8.6.3.1 Tanque y caldera de apoyo de ACS.....	125
8.6.3.2 Vaso de expansión	131
8.6.4 Otros componentes.....	131
8.6.5 Tabla resumen de componentes	131
8.7 Sistema de regularización y control.....	131
CAPÍTULO 9. Diseño de la instalación solar para Calefacción y Refrigeración.....	133
9.1 Introducción al diseño del sistema de climatización	134
9.2 Presentación de los datos de partida	134
9.3 Explicación los métodos utilizados para satisfacer la demanda de calor y frío... 136	
9.3.1 Diseño del sistema de calefacción con suelo radiante	136
9.3.2 Diseño del sistema de refrigeración.....	141
9.4 Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa sin pérdidas.....	143
9.4.1 Sistema de ecuaciones.....	143

9.4.2 Resultados sin pérdidas	145
9.5 Cálculos de las pérdidas de la instalación.....	147
9.5.1 Cálculo de las pérdidas en los conductos.....	148
9.5.2 Cálculo de las pérdidas en el tanque de almacenamiento	148
9.6 Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa con pérdidas.....	149
9.6.1 Sistema de ecuaciones.....	149
9.6.2 Resultados con pérdidas.....	150
9.7 Cálculo del resto de componentes de la instalación de climatización	152
9.7.1 Caldera de apoyo para la instalación de climatización	152
9.7.2 Cálculo del resto de componentes.....	153
9.7.3 Sistema de regulación y control	153
CAPÍTULO 10. Mantenimiento de la instalación	154
10.1 Introducción.....	155
10.2 Plan de vigilancia.....	155
10.3 Plan de mantenimiento preventivo	156
CAPÍTULO 11. Estudio del Impacto Ambiental.....	160
11.1 Introducción.....	161
11.2 Consecuencias de la emisión de gases de efecto invernadero	161
11.3 Ahorro de emisiones de CO ₂	162
11.3.1 Ahorro en emisiones de CO ₂ en el uso exclusivo de ACS.....	162
11.3.1.1 Demanda energética total y demanda de abastecimiento	162
11.3.1.2 Ahorro de emisiones de CO ₂	163
11.3.2 Ahorro en emisiones de CO ₂ en el uso de la instalación de ACS, calefacción y refrigeración	163
11.3.2.1 Demanda energética total y demanda de abastecimiento	164
11.3.2.2 Ahorro de emisiones de CO ₂	165
11.3.3 Comparación de resultados	166
11.4 Emisiones de CO ₂ del resto de componentes de la instalación	166
11.5 Impacto ambiental de los equipos de refrigeración	167
11.5.1 Uso de refrigerantes y absorbentes	167
11.6 Impacto visual de la instalación.....	167
11.7 Otras consideraciones de interés.....	168
CAPÍTULO 12. Análisis económico de la instalación	169
12.1 Introducción al análisis económico	170
12.2 Coste inicial de la instalación	170
12.2.1 Instalación de ACS.....	170
12.2.2 Instalación de ACS, calefacción y refrigeración.....	173

12.3 Subvenciones	178
12.4 Costes de mantenimiento y operación de la instalación	179
12.5 Ahorro económico de la instalación	179
12.5.1 Ahorro económico en combustible	179
12.5.1.1 Instalación de ACS	180
12.5.1.2 Instalación de ACS, calefacción y refrigeración	180
12.5.2 Ahorro económico en emisiones de CO ₂	180
12.5.2.1 Instalación de ACS	181
12.5.2.2 Instalación de ACS calefacción y refrigeración	181
12.5.3 Gasto de los componentes.....	181
12.5.3.1 Instalación de ACS	181
12.5.3.2 Instalación de ACS, calefacción y refrigeración	181
12.5.4 Ahorro económico total	182
12.5.4.1 Instalación de ACS	182
12.5.4.2 Instalación de calefacción y refrigeración	182
12.6 Periodo de amortización de la instalación	182
CAPÍTULO 13. Conclusiones	185
13.1 Conclusiones para cada instalación	186
13.1.1 Conclusiones instalación de ACS	186
13.1.3 Conclusiones instalación de ACS y Climatización.....	187
13.2 Mejoras propuestas	188
13.3 Futuros estudios.	188
CAPÍTULO 14. Bibliografía	189
14.1 Libros.....	190
14.2 Normativa	190
14.3 Apuntes de asignaturas	190
14.4 Tesis doctorales	190
14.5 Recursos electrónicos	191
14.6 Referencias	192
Anexo I. Fichas técnicas de los componentes de la instalación.....	193
Anexo II. Planos en AutoCAD	216
Anexo III. Programa en MathCAD.....	222

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Fotografía aérea del local en estudio.....	22
Figura 2. Mapa de zonas climáticas según el CTE.....	23
Figura 3. Fachada Norte del local.....	25
Figura 4. Fachada Oeste del local.....	25
Figura 5. Planta de cubierta.....	26
Figura 6. Planta de distribución del local.....	26
Figura 7. Consumo mensual corregido de ACS.....	30
Figura 8. Demanda de energía de ACS mensual.....	32
Figura 9. Temperaturas para cálculo de cargas térmicas según norma UNE 100001.....	36
Figura 10. Temperaturas mes de mayo 2008 y 2012.....	37
Figura 11. Temperaturas medias de Madrid entre los años 1971 y 2000.....	38
Figura 12. Temperaturas medias mensuales.....	39
Figura 13. Composición de los muros exteriores (Este y Norte).....	42
Figura 14. Composición de los muros exteriores con alicatado (Norte).....	43
Figura 15. Composición de los muros medianeros (Sur).....	45
Figura 16. Composición de los muros medianeros con alicatado (Sur y Oeste).....	46
Figura 17. Composición de la cubierta.....	49
Figura 18. Composición del cerramiento horizontal inferior en la zona de la sala.....	51
Figura 19. Carga térmica mensual del local a lo largo del año.....	60
Figura 20. Esquema de la instalación exclusiva de ACS.....	64
Figura 21. Esquema de la instalación completa de Calefacción y Refrigeración.....	64
Figura 22. Propiedades del Tyfocor (propilenglicol).....	65
Figura 23. Proporción de propilenglicol.....	66
Figura 24. Clasificación panel solar térmico.....	66
Figura 25. Elementos de los tubos de vacío.....	67
Figura 26. Tubo de vacío de flujo directo.....	68
Figura 27. Esquema de funcionamiento tubos de vacío heat pipe.....	69
Figura 28. Tubo de vacío de heat pipe.....	70
Figura 29. Tubo de vacío de CPC.....	71
Figura 30. Conexión en paralelo de los paneles solares. Textoscientificos.com [14].....	72
Figura 31. Ciclo de refrigeración por absorción y diagrama P-h del refrigerante.....	76
Figura 32. Esquema de funcionamiento de una máquina de absorción.....	76
Figura 33. Esquema de la instalación de agua caliente sanitaria.....	80
Figura 34. Esquema de la instalación completa de Calefacción y Refrigeración.....	81
Figura 35. Ángulos principales de los captadores.....	84
Figura 36. Gráfico de pérdidas por orientación.....	85
Figura 37. Sombras de los colectores solares.....	86
Figura 38. Distancias a elementos que puedan proyectar sombras sobre los captadores.....	87
Figura 39. Radiación que llega al colector para ACS.....	90
Figura 40. Esquema de la instalación para ACS.....	91
Figura 41. Esquema del balance de energía en el colector solar.....	92
Figura 42. Características principales colector ILHC-5830.....	93
Figura 43. Esquema del balance de energía en el intercambiador de calor.....	94
Figura 44. Esquema del balance de energía en el tanque de acumulación.....	95
Figura 45. Esquema de la instalación para ACS con pérdidas.....	108
Figura 46. Esquema del balance de energía en el colector solar con pérdidas.....	109

Figura 47. Esquema del balance de energía en el intercambiador con pérdidas.....	110
Figura 48. Esquema del balance de energía en el tanque de almacenamiento con pérdidas	111
Figura 49. Factores para ACS con pérdidas.....	116
Figura 50. Diagrama de Moody para tuberías de sección circular	119
Figura 51. Esquema del sistema de regularización y control para la instalación de ACS	132
Figura 52. Perfil de temperaturas con la altura para distintos sistemas de calefacción ..	136
Figura 53. Esquema del suelo radiante	138
Figura 54. Variación de la temperatura de impulsión para configuración en espiral (UPONOR)	138
Figura 55. Salto térmico para calefacción (UPONOR)	140
Figura 56. Esquema de la instalación para Calefacción y Refrigeración	143
Figura 57. Factor de demanda para Calefacción y Refrigeración con pérdidas	151
Figura 58. Efecto invernadero.....	161
Figura 59. Beneficio de cada instalación a lo largo de su vida útil	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Demanda de referencia para ACS a 60°C	29
Tabla 2. Demanda de referencia para ACS a 60 °C	29
Tabla 3. Consumos mensuales de ACS	30
Tabla 4. Temperatura media de agua de red mensual en la Comunidad de Madrid.....	31
Tabla 5. Demanda calorífica de ACS mensual	31
Tabla 6. Condiciones interiores de diseño, según RITE.....	34
Tabla 7. Parámetros de diseño.	34
Tabla 8. Caudales de ventilación mínimos exigidos según RITE	34
Tabla 9. Temperaturas media mensual y temperaturas para el cálculo de cargas térmicas	37
Tabla 10. Humedad relativa media (%) en la Comunidad de Madrid	39
Tabla 11. Composición de los muros exteriores (Este y Norte)	42
Tabla 12. Composición de los muros exteriores con alicatado (Norte).....	44
Tabla 13. Composición de los muros medianeros (Sur)	45
Tabla 14. Composición de los muros medianeros con alicatado (Sur y Oeste).....	46
Tabla 15. Composición de ventanas	47
Tabla 16. Composición de vidrios fijos	47
Tabla 17. Composición de puerta metálica.....	48
Tabla 18. Composición de la cubierta.....	49
Tabla 19. Composición del cerramiento horizontal inferior en la zona de la sala.....	51
Tabla 20. Zona climática.....	52
Tabla 21. Comprobación de la U con los valores límite del CTE	52
Tabla 22. Irradiación a través de los cristales según la orientación en Madrid.	55
Tabla 23. Caudales mínimos de aire exterior según RITE	56
Tabla 24. Potencia de equipos/maquinaria del local.....	58
Tabla 25. Cargas térmicas del local para cada mes	59
Tabla 26. Cargas térmicas totales del local.....	60
Tabla 27. Fluidos de trabajo para la máquina de absorción: absorbentes y disoluciones. 77	
Tabla 28. Pérdidas por sombras	84
Tabla 29. Valores aconsejados de inclinación por el RITE	86
Tabla 30. Tabla para cálculo de la radiación incidente en los colectores	89
Tabla 31. Radiación que llega al colector para ACS	90
Tabla 32. Área e inclinaciones para ACS del diseño.....	99
Tabla 33. Factores para ACS del diseño.....	100
Tabla 34. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías en función del diámetro de tubería y temperatura del fluido [4]	101
Tabla 35. Pérdidas en los conductos entre el intercambiador de calor del circuito primario y los colectores.....	104
Tabla 36. Temperatura sala de máquinas meses	107
Tabla 37. Pérdidas en el tanque de almacenamiento de ACS por meses.....	107
Tabla 38. Perdidas en los conductos y en el tanque en la instalación de ACS	114
Tabla 39. Resultados de la instalación de ACS con pérdidas	115
Tabla 40. Comprobación de resultados la instalación de ACS con pérdidas.....	116
Tabla 41. Potencia del intercambiador de calor por meses para ACS	117
Tabla 42. Coeficientes de pérdidas K para cada tipo de singularidad de la instalación .	120
Tabla 43. Coeficientes para el cálculo de los caudales simultáneos.....	125

Tabla 44. Caudales instantáneos en aparatos y secciones mínimas de tuberías para la conexión de los mismos	126
Tabla 45. Cálculo de la potencia instantánea de la caldera de apoyo para ACS	127
Tabla 46. Potencia de la caldera de apoyo y tiempo de recuperación para una acumulación del 25% para ACS	128
Tabla 47. Potencia de la caldera de apoyo y tiempo de recuperación para una acumulación del 50% para ACS	129
Tabla 48. Potencia de la caldera de apoyo para una acumulación del 50% y un tiempo de recuperación de 3 horas para ACS	130
Tabla 49. Tabla de resultados de la caldera de apoyo y el tanque del circuito terciario para ACS	130
Tabla 50. Componentes para ACS	131
Tabla 51. Cargas térmicas totales del local	135
Tabla 52. Radiación que llega al colector para Calefacción y Refrigeración	135
Tabla 53. Carga térmica de calefacción por meses	137
Tabla 54. Carga térmica corregida de calefacción por meses	137
Tabla 55. Demanda de calor por unidad de área y temperatura para el pavimento (UPONOR)	139
Tabla 56. Caudal de agua y temperaturas de impulsión y retorno en el circuito de calefacción	140
Tabla 57. Horas de funcionamiento del local y horas de sol	141
Tabla 58. Valores de funcionamiento de la máquina de absorción	142
Tabla 59. Resultado de la instalación de Calefacción y Refrigeración sin pérdidas	146
Tabla 60. Factor de demanda aportado para Calefacción y Refrigeración sin pérdidas	147
Tabla 61. Pérdidas en los conductos para Calefacción y Refrigeración	148
Tabla 62. Pérdidas en el tanque de almacenamiento para Calefacción y Refrigeración	148
Tabla 63. Resultados para la instalación de Calefacción y Refrigeración con pérdidas	150
Tabla 64. Demanda de Calefacción y Refrigeración sin aporte	152
Tabla 65. Componentes de la instalación de Calefacción y Refrigeración	153
Tabla 66. Plan de vigilancia de la instalación	156
Tabla 67. Plan de mantenimiento para el sistema de captación (CTE)	157
Tabla 68. Plan de mantenimiento para el sistema de acumulación (CTE)	157
Tabla 69. Plan de mantenimiento para el sistema de intercambio (CTE)	157
Tabla 70. Plan de mantenimiento para el circuito hidráulico (CTE)	158
Tabla 71. Plan de mantenimiento para el sistema eléctrico y de control (CTE)	158
Tabla 72. Plan de mantenimiento para el sistema de energía auxiliar (CTE)	159
Tabla 73. Demanda total y demanda de abastecimiento para la instalación exclusiva de ACS	162
Tabla 74. Ahorro en emisiones de CO ₂ para la instalación exclusiva de ACS	163
Tabla 75. Demanda energética total y demanda de abastecimiento para calefacción	164
Tabla 76. Demanda energética total y demanda de abastecimiento para refrigeración	164
Tabla 77. Ahorro en emisiones de CO ₂ para cada aplicación en la instalación de ACS, calefacción y refrigeración	165
Tabla 78. Consumo eléctrico y emisiones de CO ₂ de las bombas de la instalación	166
Tabla 79. Consumo eléctrico y emisiones de CO ₂ de la máquina de absorción	167
Tabla 80. Coste de los elementos de la instalación de ACS para el circuito primario	171
Tabla 81. Coste de los elementos de la instalación de ACS para el circuito secundario	172
Tabla 82. Coste de los elementos de la instalación de ACS para el circuito terciario	172

Tabla 83. Coste de los elementos de la instalación de ACS para el sistema de regulación	173
Tabla 84. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el circuito primario.....	174
Tabla 85. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el circuito secundario	175
Tabla 86. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el circuito terciario	176
Tabla 87. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el sistema de regulación.....	176
Tabla 88. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el sistema de calefacción	177
Tabla 89. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el sistema de refrigeración.....	178
Tabla 90. Subvenciones para cada instalación.....	178
Tabla 91. Coste final de la instalación y ahorro de las subvenciones.....	179
Tabla 92. Coste de mantenimiento y operación para cada instalación	179
Tabla 93. Beneficio de cada instalación a lo largo de su vida útil.....	183

CAPÍTULO 1. Introducción y objetivos

1.1 Motivación

La energía solar térmica consiste en el aprovechamiento de la energía solar mediante el uso de colectores o paneles solares térmicos. Las aplicaciones más extendidas de esta tecnología son la obtención de agua caliente sanitaria, la calefacción por suelo radiante y el precalentamiento de agua para procesos industriales.

Los motivos principales para la instalación de un sistema de energía solar térmica son por temas económicos y motivos ambientales. Además del ahorro de combustible, se inmuniza en gran medida de las subidas del gas y electricidad, se reducen las emisiones contaminantes y se da valor añadido al local. El coste diferencial de la instalación se amortiza a medio plazo.

En cuanto a la energía solar, tanto fotovoltaica como termosolar, se encuentra en fase avanzada de investigación, desarrollo, instalación y aprovechamiento. España es uno de los países de Europa con mayor cantidad de horas de sol, a lo que se unen los compromisos europeos y mundiales en instalación de energía renovable, lo que hace que con estas circunstancias España apueste por la energía solar.

En cuanto a la situación española, el 2,5% del PIB de España corresponde al sector energético, siendo muy importante la reducción de la dependencia del exterior en ese aspecto.

1.2 Objetivos

El objetivo fundamental del proyecto es el diseño de una instalación solar térmica para el abastecimiento parcial de ACS, calefacción y refrigeración en un restaurante en la Comunidad de Madrid. A continuación se detallan los objetivos parciales que permiten la consecución del objetivo principal:

- Analizar la conveniencia de realizar una instalación de ACS, o una instalación de ACS, calefacción y refrigeración.
- Cumplimiento de la normativa básica del Código Técnico de la Edificación (CTE), utilizando de manera especial el documento básico de Ahorro Energético (HE) y el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- Estudio económico y medioambiental de cada instalación. Se compararán sus resultados con los de las instalaciones convencionales.

1.3 Fases de desarrollo

El desarrollo general del proyecto ha seguido los siguientes pasos:

- 1. Planteamiento global del problema:**
Qué se quiere resolver y de qué herramientas se disponen para hacerlo, así como el planteamiento de las variables y los valores iniciales.
- 2. Recopilación de información:**
Recogida de información que pueda ser de utilidad para analizar las cuestiones más en profundidad.
- 3. Proposición de un sistema inicial de ecuaciones:**
Planteamiento de un sistema de ecuaciones y relaciones matemáticas dirigidas a obtener la solución.
- 4. Transcripción del sistema de ecuaciones al programa MathCAD:**
Programación del sistema de ecuaciones propuesto.
- 5. Resolución y depuración de resultados:**
Obtención de resultados y depuración de los valores iniciales para la obtención de la solución final.
- 6. Validación de las hipótesis planteadas:**
Analizar los resultados obtenidos.
- 7. Conclusiones obtenidas.**

Respecto a los cálculos necesarios para el dimensionamiento de la instalación, se han seguido las siguientes fases:

1. Cálculo de la demanda de ACS.
2. Cálculo de la carga térmica del edificio.
3. Planteamiento del sistema de ecuaciones en MathCAD.
4. Estimación de la fracción solar aportada.
5. Evaluación de resultados y selección del área de colectores final.
6. Cálculo de las pérdidas en los conductos y del tanque de acumulación.
7. Cálculo de la fracción solar aportada con pérdidas.
8. Evaluación de resultados.
9. Cálculo del resto de componentes.
10. Cálculo de consumo eléctrico, emisiones y ahorro de emisiones de dióxido de carbono.
11. Presupuesto.
12. Conclusiones.

1.4 Medios empleados

Los medios empleados para la realización del proyecto han sido los siguientes:

- Apuntes: gran parte de la información utilizada para la realización del proyecto ha sido recopilada de los apuntes de las asignaturas de la Escuela Politécnica de la Universidad Carlos III de Madrid: Energías Renovables, Ingeniería Térmica y de Fluidos, Mecánica de fluidos y Calor y Frío Industrial, principalmente.
- Libros: han sido utilizados varios libros que se encuentran en la biblioteca de la Escuela Politécnica de la Universidad Carlos III de

Madrid, como el “ASHRAE”, “Acondicionamiento del aire y Refrigeración” de Pizzeti o “Solar engineering of thermal processes” de Duffie and Beckman.

- Hardware: ordenador, calculadora, impresora y escáner.
- Software: principalmente se ha utilizado el software de cálculo MathCAD, AutoCAD para la realización de los planos y el Office para la realización de la memoria.
- Otros medios: normativas y reglamentos técnicos de instalaciones térmicas.

1.5 Estructura de la memoria

A continuación se indica un breve resumen de cada capítulo de este proyecto:

- **Capítulo 1. Introducción y objetivos:**
Motivación, objetivos, fases y medios empleados.
- **Capítulo 2. Localización y condiciones climatológicas del emplazamiento:**
Información acerca de la localización, el clima del lugar seleccionado para situar nuestra instalación y las implicaciones que éste tiene respecto a las variables iniciales.
- **Capítulo 3. Estructura y distribución del local:**
Distribución de las distintas estancias del local aportando figuras explicativas de su estructura.
- **Capítulo 4. Cálculo de la demanda de ACS:**
Obtención de la demanda de agua caliente sanitaria del local tanto en litros como en energía térmica mensual.
- **Capítulo 5. Cálculo de la carga térmica:**
Obtención de la carga térmica del local para cada mes detallando el cálculo para los distintos cerramientos que el local posee.
- **Capítulo 6. Descripción y elementos de la instalación:**
Descripción de los principales componentes de la instalación de ACS; calefacción y refrigeración. Explicando cada componente su funcionamiento y características más relevantes.
- **Capítulo 7. Cálculo de inclinación y posicionamiento de los colectores:**
Describe como se ha calculado la inclinación y la distancia entre colectores para conseguir el mejor funcionamiento de los colectores.

- **Capítulo 8. Diseño de la instalación solar para el suministro exclusivo de agua caliente sanitaria:**
Diseño y cálculo de la instalación para el suministro exclusivo de ACS. Sistema de ecuaciones empleado, introduciéndolas en el programa MathCAD. Cálculo de las pérdidas de los conductos y el tanque de acumulación y cálculo de la instalación con dichas pérdidas. Análisis y decisión del área de colectores empleada. Cálculo del resto de componentes.
- **Capítulo 9. Diseño de la instalación solar completa de Calefacción y Refrigeración:**
Diseño y cálculo de la instalación para el suministro de calefacción y refrigeración. Explicación del sistema de calefacción y refrigeración empleado. Sistema de ecuaciones empleado, introduciéndolas en el programa MathCAD, cálculo de las pérdidas de los conductos y el tanque de acumulación y cálculo de la instalación con dichas pérdidas. Análisis y decisión del área de colectores empleada. Cálculo del resto de componentes.
- **Capítulo 10. Mantenimiento de la instalación:**
Operaciones de mantenimiento necesarias para la instalación analizada, tales como vigilancia y mantenimiento preventivo según lo establecido en el Código Técnico de la Edificación.
- **Capítulo 11. Impacto ambiental:**
Explicación de la importancia y análisis del impacto ambiental de la instalación. Cálculo de las emisiones de CO₂.
- **Capítulo 12. Estudio económico:**
Descripción del presupuesto y amortización de cada instalación.
- **Capítulo 13. Conclusiones:**
Exposición de las conclusiones finales de la instalación, analizando la viabilidad de cada instalación. Análisis de futuras alternativas de estudio.
- **Capítulo 14. Bibliografía:**
Bibliografía detallada según el orden de aparición en la memoria.
- **Anexo I. Fichas técnicas de los componentes de la instalación:**
Fichas técnicas suministradas por los fabricantes de los distintos componentes seleccionados para nuestra instalación.
- **Anexo II. Planos en AutoCAD:**
Planos detallados del local en formato DIN-A3.
- **Anexo III. Programa en MathCAD:**
Programa realizado en MathCAD para la resolución del sistema de ecuaciones para cada instalación.

CAPÍTULO 2. Localización y condiciones climáticas del emplazamiento

2.1 Localización

El local a estudio se encuentra ubicado en Las Rozas (Madrid), a una latitud de $40,51^\circ$, una longitud de $-3,89$ y una altitud de 718 metros sobre el nivel del mar.

El local se desarrolla en una única planta, teniendo el nivel de suelo interior una diferencia respecto al nivel del paseo exterior de algo más de 1 metro. Esta diferencia de nivel se salva con una escalera en el hall de acceso.

El local cuenta con dos puertas de acceso principales, una para acceso a la terraza y otra posterior para acceso de mercancías.

En la Figura 1 se muestra una fotografía aérea de la zona geográfica exacta.



Figura 1. Fotografía aérea del local en estudio.

De acuerdo con el Código Técnico de la Edificación, de ahora en adelante CTE, Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria [1], Madrid se encuentra en la zona climática IV, tal y como se puede observar en la Figura 2.



Figura 2. Mapa de zonas climáticas según el CTE

2.2 Condiciones climáticas generales

La Comunidad de Madrid posee un clima típico mediterráneo, donde los inviernos son frescos con temperaturas inferiores a los 8° C, con heladas nocturnas y nevadas ocasionales. Por el contrario, los veranos son calurosos, con temperaturas medias superiores a los 24 °C, superando muchas veces los 35 °C. La oscilación diaria es aproximadamente de 10 °C.

Las precipitaciones no suelen superar los 700 mm. al año, concentrándose principalmente en primavera, seguida del otoño.

El viento predominante en estas latitudes es de componente Nordeste y a velocidades medias anuales de 2,6 m/s.

CAPÍTULO 3. Estructura y distribución del local

3.1 Estructura principal

Se trata de un local compuesto por: sala (en dos niveles), zona de barra, cocina, zona de lavado, zona de preparación, aseos (masculino, femenino y adaptado para minusválidos), vestuario para personal, despacho, cuarto de basuras, cuarto de máquinas y cámaras frigoríficas (congelación y refrigeración). Dispone de una cubierta plana para instalaciones con una superficie total de $737,19\text{m}^2$, para la colocación y mantenimiento de la instalación. La superficie de la cubierta es superior a la del local como se observa en la Figura 5. No hay obstáculos en ella que puedan dar sombra a los colectores. No hay más sitio para aumentar la superficie de la cubierta si fuera necesario.

A continuación se adjuntan figuras de los planos del local, quedando también adjuntos en formato DIN-A3 en un anexo al final del documento.

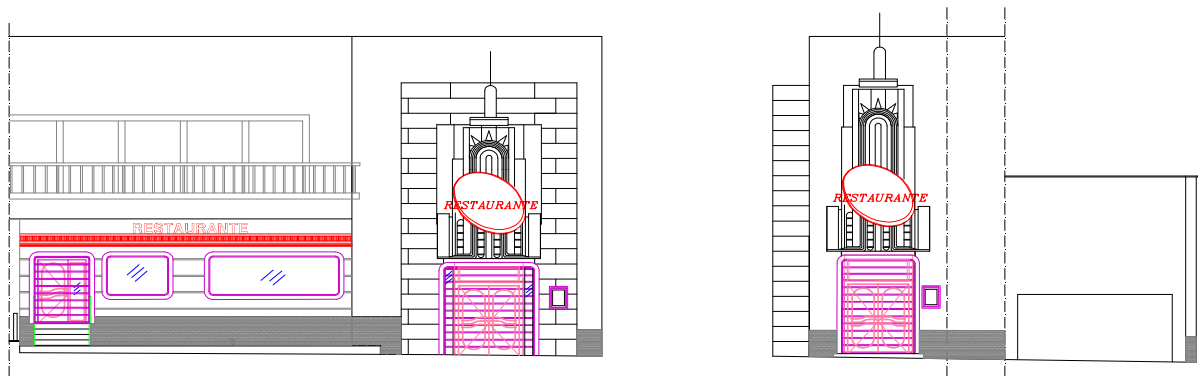


Figura 3. Fachada Norte del local

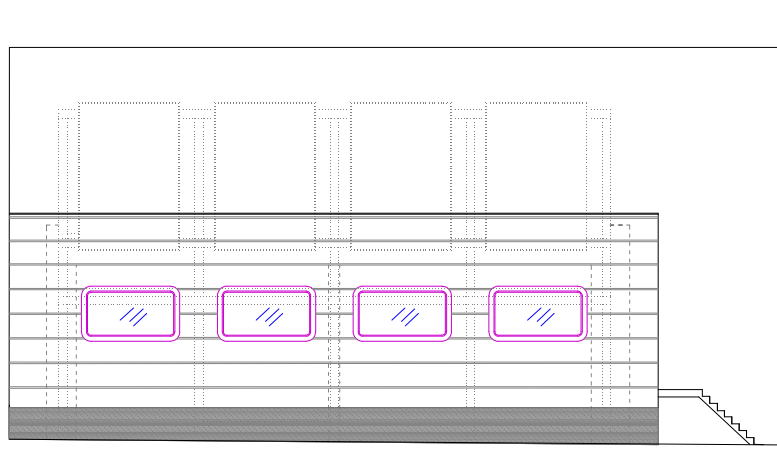


Figura 4. Fachada Oeste del local

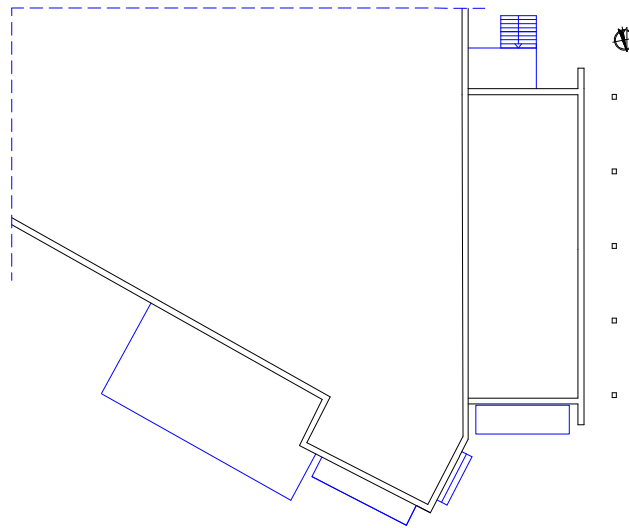


Figura 5. Planta de cubierta

3.2 Distribución del local

A continuación se adjunta la Figura 6 del plano de distribución del local, con una superficie útil interior de 336,42 m², quedando también adjunto en formato DIN-A3 en un anexo al final del documento.



Figura 6. Planta de distribución del local

Bajo el local cabe destacar que no se encuentra ningún otro establecimiento ni parking, por lo que descansa directamente sobre el terreno. La fachada sur y este son muros medianeros con otros locales.

Las soluciones constructivas, composición de muros y cubierta se detallan en el capítulo 5 sobre el cálculo de la carga térmica.

CAPÍTULO 4. Cálculo de la demanda de ACS

4.1 Cálculo de la demanda de ACS

A continuación se hace referencia a los datos necesarios para el cálculo de la demanda de ACS, de acuerdo con el CTE:

- Consumo diario de ACS a 60 °C por persona y día según el criterio de demanda, de acuerdo con el CTE DB-HE 4.3. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria – Cálculo y dimensionado [2], indicado en la Tabla 1.

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Tabla 1. Demanda de referencia para ACS a 60°C

El CTE establece un consumo en litros diarios de ACS de 5 a 10 litros por comida, y que en este caso, al tratarse de un restaurante con 748 comidas diarias y tomando como media 7,5 litros de ACS al día por comida, se puede concluir en 3.206 litros diarios de media.

- Aporte solar mínimo según zona climática, de acuerdo con el CTE DB-HE 4.2, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria – Caracterización y cuantificación de las exigencias [3], indicado en la Tabla 2.

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70

Tabla 2. Demanda de referencia para ACS a 60 °C

Como se observa en la Tabla 2, se tiene que cumplir con un factor de demanda del 60% como mínimo.

Con los cálculos anteriormente realizados, en la Tabla 3 se muestran los consumos mensuales de ACS.

Mes	Factor de corrección ($f_{corrección}$)	Consumo mensual corregido (l/mes)	Horas de sol ($horas_{sol}$)	Gasto másico de consumo ACS (m_{ACS}) (kg/s)
Enero	1,12	111.302	9.422	0,105
Febrero	1,08	96.941	10.407	0,092
Marzo	1,03	102.358	11.701	0,078
Abril	1,09	104.827	12	0,08
Mayo	1,04	103.352	12	0,077
Junio	1,02	98.095	12	0,075
Julio	0,90	89.439	12	0,066
Agosto	0,79	78.508	12	0,058
Septiembre	0,91	87.516	12	0,067
Octubre	0,94	93.415	10,87	0,076
Noviembre	1,02	98.095	9,669	0,093
Diciembre	1,08	107.327	9,113	0,105

Tabla 3. Consumos mensuales de ACS

La masa de consumo se obtiene de la siguiente fórmula:

$$m_{ACS} = \frac{\text{litros}_{\text{día_media}} \cdot f_{\text{corrección}} \cdot \rho_{\text{agua}}}{\text{horas}_{\text{sol}}} \quad (1)$$

Los datos de horas de sol son las horas que el colector puede captar radiación, ya que cuando pasa de 12 horas, el sol se encuentra por detrás del colector imposibilitando su captación.

La Figura 7 muestra las variaciones mensuales del consumo de ACS del local.

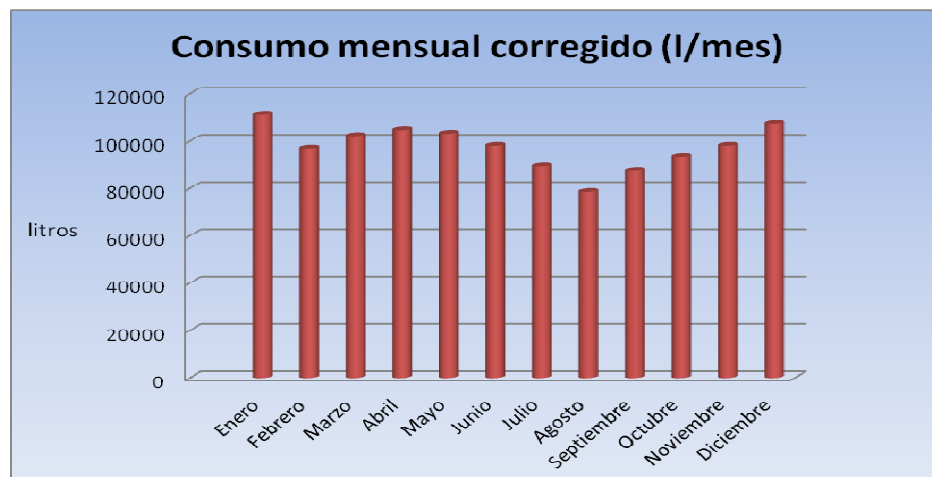


Figura 7. Consumo mensual corregido de ACS

Para el cálculo de la demanda térmica para el consumo de ACS se tendrá que resolver la siguiente fórmula:

$$Q_{ACS} = m_{ACS} \cdot C_{p_{agua}} \cdot (T_{suministro} - T_{red}) \quad (2)$$

donde:

Q_{ACS} : carga térmica demandada para ACS (W).

m_{ACS} : consumo mensual (kg/s).

$C_{p_{agua}}$: capacidad calorífica del agua 4,18 kJ/kg·K

$T_{suministro}$: temperatura de suministro especificada en el CTE, 60°C.

T_{red} : temperatura de red especificada en el CTE, que se mostrará en la Tabla 4.

Las temperaturas de agua de red se obtienen a partir de la Tabla 4.

Temperatura mínima media del agua de la red general, en °C, obtenida a partir de medidas directas. Los datos han sido agrupados en seis perfiles característicos. (Fuente: CENSOLAR).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
30 MADRID	6	7	9	11	12	13	14	13	12	11	9	6	10,3

Tabla 4. Temperatura media de agua de red mensual en la Comunidad de Madrid

La demanda de energía calorífica mensual de ACS necesaria en el restaurante se muestra en la Tabla 5.

Mes	Q_{ACS} (kJ/mes)
Enero	24.922.102,74
Febrero	21.304.498,67
Marzo	21.646.113,01
Abril	21.298.900,81
Mayo	20.570.652,92
Junio	19.117.569,75
Julio	17.059.752,27
Agosto	15.300.292,23
Septiembre	17.418.736,56
Octubre	18.980.194,22
Noviembre	20.744.596,96
Diciembre	24.032.043,64
Anual	242.395.453,77

Tabla 5. Demanda calorífica de ACS mensual

A continuación se adjunta la Figura 8 de las demandas caloríficas de ACS para los distintos meses. En febrero el resultado es algo menor de lo que cabría esperar, pero es debido a que ese mes tiene menor número de días.

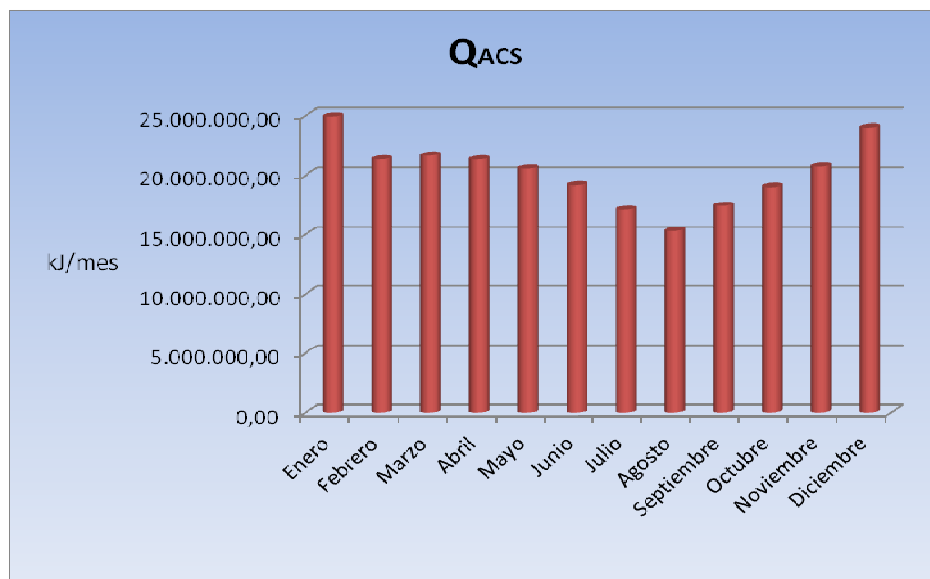


Figura 8. Demanda de energía de ACS mensual

CAPÍTULO 5. Cálculo de la carga térmica del local

5.1 Condiciones de diseño

Las condiciones de diseño que son necesarias para el cálculo de la carga térmica del restaurante vienen especificadas en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (en adelante RITE), en la sección “Condiciones interiores y exteriores de diseño” [4].

5.1.1 Condiciones interiores de diseño

Para seleccionar los parámetros de confort para la instalación se deberán tomar los datos de la Tabla 6, de acuerdo al RITE.

Condiciones interiores de diseño:

Estación	Temperatura (°C)	Velocidad media del aire (m/s)	Humedad relativa (%)
Verano	23 a 25	0.18 a 0.24	40 a 60
Invierno	20 a 23	0.15 a 0.20	40 a 60

Tabla 6. Condiciones interiores de diseño, según RITE.

Una vez conocidos los rangos, se fijarán los parámetros en la Tabla 7:

	VERANO	INVIERNO
Temperatura (T)	24°C	22°C
Humedad Relativa (HR)	50%	50%

Tabla 7. Parámetros de diseño.

Los criterios de ventilación para edificios de uso distinto de vivienda se indican en el RITE, en las tablas 1.4.2.1 y 1.4.2.4 de la IT 1.1.4.2.3 [5], según el cual los caudales de ventilación mínimos exigidos son los que se indican en la Tabla 8.

[20] Caudales mínimos de aire exterior, en otros edificios

Categoría	usos a que se aplica	locales ocupados habitualmente L/s por persona		locales no ocupados habitualmente L/(s.m ²)
		no fumadores	fumadores	
IDA 1: aire de óptima calidad	hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.	20	—	no aplicable
IDA 2: aire de buena calidad	oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.	12,5	25	0,83
IDA 3: aire de calidad media	edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.	8	16	0,55
IDA 4: aire de calidad baja		5	10	0,28

IDA son las siglas del inglés Indoor Air

Tabla 8. Caudales de ventilación mínimos exigidos según RITE

Para el restaurante se utilizará el caudal de ventilación de 8 l/s.

5.1.2 Condiciones exteriores de diseño

El ambiente exterior de la localización del restaurante viene determinado por la temperatura seca y húmeda, la velocidad y dirección del viento, y la radiación solar incidente.

Las condiciones exteriores a aplicar aparecen reflejadas en las normas UNE 100001, UNE 100-002-88 y UNE 100-014-IN [6]. A continuación se resumirán las condiciones a tener en cuenta.

- **Verano:**

- **Temperatura seca:**

Corresponde a la temperatura que excede un tanto por cien de las horas durante el período estival. Este tanto por cien o percentil, al tratarse de un local se fijará en el 5% (condiciones generales recogidas en las normas mencionadas anteriormente).

La evolución de la temperatura exterior se encuentra en la norma UNE 100-014-IN, de obligado cumplimiento, en forma de corrección mediante la oscilación media diaria de temperatura (OMD).

- **Temperatura húmeda:**

Con su respectivo valor sujeto también a las mismas normas.

- **Radiación solar:**

Radiación solar incidente en la localización.

- **Temperatura del suelo:**

En los cálculos de aire acondicionado no se tiene en cuenta esta carga negativa.

- **Invierno:**

- **Temperatura seca:**

Solo se considera la mínima del proyecto (condiciones de máxima carga). En este caso se tomará el percentil 97,5%, propio de las condiciones generales en las que nos encontramos.

- **Radiación solar:**

No se tendrá en cuenta una aportación ya que aporta una energía calorífica que hace calentar el recinto.

- **Temperatura del suelo:**

En los cálculos de calefacción sí existe un efecto apreciable de la transferencia de calor a través del suelo en contacto con el terreno, con lo que se tendrá en cuenta este aspecto.

Según se explica anteriormente, los datos que proporciona la norma UNE 100001 para Madrid se muestran en la Figura 9:

– MADRID

Observatorio	Barajas
Situación	Aeropuerto
Longitud	3° 34' W
Latitud	40° 28' N
Altitud s.n.m.	595 m
Número de observaciones	58 440 (21 años)
Viento dominante	4,4 m/s N

Tabla 3
Madrid

GD anuales	
Base (°C)	GD (K)
12	824,5
15	1 403,2
18	2 097,0
20	2 613,2

Mínimas			Máximas				
		TS		TS	THc	TH	
NPE	99,0	-4,9	NPE	1,0	36,5	21,4	22,6
NPA	99,6		NPA	0,4			
NPE	97,5	-3,7	NPE	2,5	35,0	20,8	21,8
NPA	99,0		NPA	1,0			
NPE	95,0	-2,7	NPE	5,0	33,7	20,4	21,0
NPA	98,0		NPA	2,0			

Figura 9. Temperaturas para cálculo de cargas térmicas según norma UNE 100001

Como se ve en la Figura 9, se muestran datos para invierno y verano únicamente. Como el estudio se realiza por meses y se tiene la misma temperatura para todos ellos, esto imposibilita este estudio. Se va a tomar para el cálculo de cargas térmicas las temperaturas máximas/mínimas del peor día de cada mes. Con ello se cumplirán las normas antes mencionadas por meses.

Para establecer unos datos coherentes para el diseño de la instalación se han observado los últimos 10 años para evitar datos anómalos que puedan desvirtuar el diseño de la instalación. Se ha elegido para el cálculo las temperaturas del año 2008, que son representativas del clima de Madrid.

Mes	Temp. media (°C)	Temp. máxima (°C)	Temp. mínima (°C)	Temp. local (°C)	Temp. terreno (°C)	Temp. cargas (°C)
Enero	7,1	18,8	-5,4	22	10	-5,4
Febrero	8,4	19,2	-2,6	22	10	-2,6
Marzo	10,2	23,5	-2,1	22	10	-2,1
Abril	13,6	28,3	1,2	22	10	1,2
Mayo	15,4	29,2	3,6	24	-	29,2
Junio	21,2	37,6	8,7	24	-	37,6
Julio	25	39,2	11,9	24	-	39,2
Agosto	25,1	39,2	12,5	24	-	39,2
Septiembre	19,9	31,8	7,9	24	-	31,8
Octubre	12,9	25,8	0,9	22	10	0,9
Noviembre	7,1	19,9	-4,2	22	10	-4,2
Diciembre	5,4	18,3	-4,9	22	10	-4,9

Tabla 9. Temperaturas media mensual y temperaturas para el cálculo de cargas térmicas

Para calefacción se toman los meses de enero a abril y de octubre a diciembre. Para refrigeración se toman los meses de mayo a septiembre. En todos los meses es bastante clara la elección, pero para justificar porque se toma mayo para refrigeración y no calefacción se debe observar la Figura 10.

2008 ▼ Cambiar de Año														Mayo ▼ Cambiar de Mes														2012 ▼ Cambiar de Año														Mayo ▼ Cambiar de Mes													
Datos Extend.	T	TM	Tm	VV	VR	PNM	PT	LL	G	T	N	NE		Datos Extend.	T	TM	Tm	VV	VR	PNM	PT	LL	G	T	N	NE																													
1	13.8	22.5	3.6	8.33	48.15	-	0	0	0	0	0	0		1	9.4	14.9	3.3	7.59	46.49	-	1.2	1	0	0	0	0																													
2	16.2	26.7	6.2	6.11	-	-	0	0	0	0	0	0		2	11.9	18.9	4.3	9.63	62.97	-	0	0	0	0	0	0																													
3	18.9	28.8	7.7	5.19	-	-	0	0	0	0	0	0		3	12.0	17.9	5.6	12.22	50	-	0	1	0	0	0	0																													
4	19.6	28.0	10.3	7.04	38.89	-	0	0	0	0	0	0		4	11.9	16.3	8.9	17.04	59.45	-	8.3	1	0	1	0	0																													
5	21.9	28.8	11.5	6.85	29.45	-	0	0	0	0	0	0		5	11.8	16.3	8.6	14.08	53.52	-	6.6	1	0	0	0	0																													
6	20.8	29.2	12.5	5.93	44.26	-	0	0	0	0	0	0		6	13.2	19.0	8.1	8.52	50	-	2.2	1	0	0	0	0																													
7	19.4	25.4	12.9	11.48	50	-	0	1	0	0	0	0		7	14.2	19.9	5.9	10.93	61.12	-	0	0	0	0	0	0																													
8	13.9	16.2	11.9	7.04	-	-	5.0	1	0	0	0	0		8	18.3	23.9	13.2	16.85	53.52	-	0	1	0	0	0	0																													
9	14.3	19.2	11.4	7.59	-	-	22.0	1	0	0	0	0		9	19.2	26.9	10.1	6.48	42.41	-	0	0	0	0	0	0																													
10	11.3	12.0	9.9	8.52	44.26	-	2.5	1	0	0	0	0		10	22.3	31.9	11.8	7.59	38.89	-	0	0	0	0	0	0																													
11	14.6	20.7	9.9	11.67	-	-	15.7	0	0	0	0	0		11	24.2	32.9	13.7	5.93	35.19	-	0	1	0	0	0	0																													
12	15.0	22.5	6.8	7.41	29.45	-	0	0	0	0	0	0		12	24.1	32.9	15.4	8.33	-	-	0	1	0	0	0	0																													
13	14.5	21.3	9.8	10.19	51.86	-	0	1	0	0	0	0		13	24.9	32.9	14.9	13.7	46.49	-	0	0	0	0	0	0																													
14	15.0	19.2	11.9	14.63	64.82	-	1.2	1	0	0	1	0		14	24.1	30.9	13.4	13.7	48.15	-	0	0	0	0	0	0																													
15	15.5	20.2	10.9	15	50	-	0.5	1	0	0	0	0		15	21.7	29.2	13.9	10.37	-	-	0	0	0	0	0	0																													
16	15.0	21.2	11.5	9.63	57.23	-	4.3	1	0	0	0	0		16	20.7	29.9	10.3	6.85	-	-	0	0	0	0	0	0																													
17	15.6	21.9	9.6	7.22	-	-	1.0	1	0	0	0	0		17	22.9	29.9	15.2	10.56	48.15	-	0	0	0	0	0	0																													
18	12.6	19.8	7.9	8.7	-	-	1.7	1	0	0	0	0		18	23.1	27.9	14.7	15.56	53.52	-	0	0	0	0	0	0																													
19	12.8	20.0	5.2	8.52	-	-	0.2	0	0	0	0	0		19	16.6	19.9	9.9	20.74	-	-	0	1	0	0	0	0																													
20	15.1	23.2	5.4	7.04	44.26	-	0	0	0	0	0	0		20	11.9	17.2	7.7	11.11	37.04	-	2.7	1	0	1	0	0																													
21	15.0	21.3	8.3	7.22	38.89	-	0	1	0	0	0	0		21	13.1	18.9	6.4	15.93	50	-	0.2	0	0	0	0	0																													
22	17.7	24.4	10.7	10.93	42.41	-	4.3	0	0	0	0	1		22	17.0	23.9	7.2	7.96	-	-	0	0	0	0	0	0																													
23	15.7	19.7	11.9	16.3	51.86	-	0	1	0	0	0	0		23	20.4	29.2	9.1	7.78	-	-	0	0	0	0	0	0																													
24	14.0	18.3	10.9	15.74	57.23	1007.9	11.1	1	0	0	0	0		24	23.3	31.9	12.7	6.85	40.74	-	0	0	0	0	0	0																													
25	12.4	16.5	8.9	6.85	44.26	-	0.5	1	0	0	0	0		25	24.0	31.9	14.2	12.04	53.52	-	0	0	0	0	0	0																													
26	13.7	19.7	7.9	11.85	48.15	-	1.7	1	0	0	0	0		26	20.9	25.9	14.4	16.11	61.12	-	0	0	0	0	0	0																													
27	13.5	20.5	6.7	9.07	48.15	-	0.5	0	0	0	0	0		27	19.9	27.9	10.1	7.78	31.3	-	0	0	0	0	0	0																													
28	13.9	18.7	7.7	12.41	35.19	-	0	1	0	0	0	0		28	23.4	30.2	13.2	8.7	27.78	-	0	0	0	0	0	0																													
29	15.8	21.2	12.7	17.22	55.37	-	0	0	0	0	0	0		29	23.4	29.9	14.5	9.26	51.86	-	0	0	0	0	0	0																													
30	14.8	21.4	9.9	5.74	-	-	0	1	0	0	0	0		30	23.8	31.9	13.8	6.11	29.45	-	0	0	0	0	0	0																													
31	14.7	20.8	9.3	8.52	59.45	-	1.7	1	0	1	0	0		31	25.9	34.9	14.4	8.52	-	-	0	0	0	0	0	0																													

- Resumen de datos mensuales para Mayo del 2008:

Temperatura Máxima mensual: 29.2 °C
Temperatura Mínima mensual: 3.6 °C
Temperatura Media mensual: 15.4 °C
Precipitación Total mensual: 74.6 mm
Media de Velocidad del Viento mensual: 9.55 km/h
Ráfagas Máximas de viento mensual: 64.82 km/h

Significado de las columnas de datos:
T Temperatura media (°C)
TM Temperatura máxima (°C)
Tm Temperatura mínima (°C)
G Indica si Granizó (0: No; 1: Si)
T Indica si hubo tormenta (0: No; 1: Si)
N Indica si nevó (0: No; 1: Si)

- Resumen de datos mensuales para Mayo del 2012:

Temperatura Máxima mensual: 34.9 °C
Temperatura Mínima mensual: 3.3 °C
Temperatura Media mensual: 19.1 °C
Precipitación Total mensual: 21.5 mm
Media de Velocidad del Viento mensual: 10.8 km/h
Ráfagas Máximas de viento mensual: 62.97 km/h

Significado de las columnas de datos:
T Temperatura media (°C)
TM Temperatura máxima (°C)
Tm Temperatura mínima (°C)
G Indica si Granizó (0: No; 1: Si)
T Indica si hubo tormenta (0: No; 1: Si)
N Indica si nevó (0: No; 1: Si)

temperaturas mínimas se alcanzan por la noche y horas antes de amanecer (horas que el local no está en uso).

Para certificar que los datos tomados son correctos, se muestra en la Figura 11 los datos medios desde 1971 al año 2000.

Valores climatológicos normales. Madrid

Periodo: 1971-2000 - Altitud (m): 667

Latitud: 40° 24' 43" N - Longitud: 3° 40' 41" O - Posición: Ver localización ►

Mes	T	TM	Tm	R	H	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	6.1	9.7	2.6	37	71	6	1	0	5	6	8	148
Febrero	7.9	12.0	3.7	35	65	6	1	0	4	3	6	157
Marzo	10.7	15.7	5.6	26	54	5	0	1	2	1	7	214
Abril	12.3	17.5	7.2	47	55	7	0	1	1	0	5	231
Mayo	16.1	21.4	10.7	52	54	8	0	3	0	0	4	272
Junio	21.0	26.9	15.1	25	46	4	0	3	0	0	8	310
Julio	24.8	31.2	18.4	15	39	2	0	3	0	0	16	359
Agosto	24.4	30.7	18.2	10	41	2	0	2	0	0	14	335
Septiembre	20.5	26.0	15.0	28	50	3	0	2	0	0	9	261
Octubre	14.6	19.0	10.2	49	64	6	0	1	1	0	6	198
Noviembre	9.7	13.4	6.0	56	70	6	0	0	5	1	7	157
Diciembre	7.0	10.1	3.8	56	74	7	1	0	6	4	7	124
Año	14.6	19.4	9.7	436	57	63	4	16	24	16	97	2769

Leyenda

- T Temperatura media mensual/anual (°C)
- TM Media mensual/anual de las temperaturas máximas diarias (°C)
- Tm Media mensual/anual de las temperaturas mínimas diarias (°C)
- R Precipitación mensual/anual media (mm)
- H Humedad relativa media (%)
- DR Número medio mensual/anual de días de precipitación superior o igual a 1 mm
- DN Número medio mensual/anual de días de nieve
- DT Número medio mensual/anual de días de tormenta
- DF Número medio mensual/anual de días de niebla
- DH Número medio mensual/anual de días de helada
- DD Número medio mensual/anual de días despejados
- I Número medio mensual/anual de horas de sol

Figura 11. Temperaturas medias de Madrid entre los años 1971 y 2000

Se observa que los datos tomados son coherentes, ya que, tanto para los meses de verano como de invierno las temperaturas máximas y mínimas que se toman son muy superiores a las medias registradas en 21 años.

Todos los datos de temperaturas se han tomado de la página web de la Agencia Estatal de Meteorología AEMET [7]

Se han tomado como meses de invierno de octubre a abril y como meses de verano de mayo a septiembre.

En la Figura 12 se muestran las temperaturas de la Tabla 9.

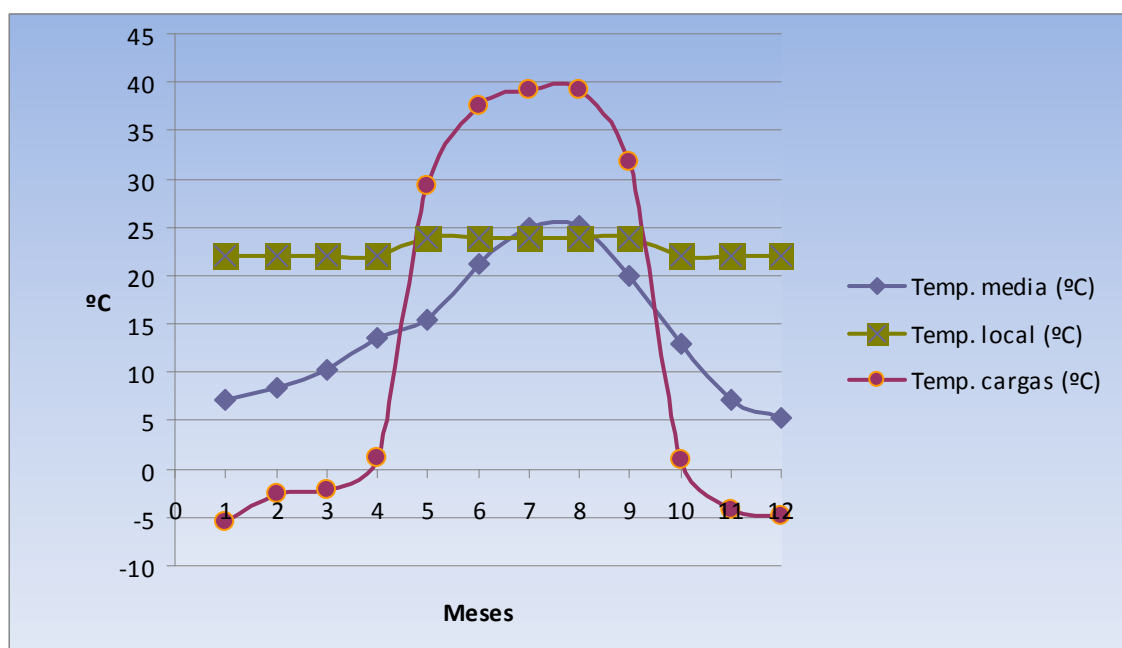


Figura 12. Temperaturas medias mensuales

En la Tabla 10 se detalla la humedad relativa media necesaria para el estudio, según documento de sanidad ambiental de la Comunidad de Madrid [8].

MES	ESTACIONES						
	Retiro	Cuatro Vientos	Barajas	T. Ardoz	Getafe	Puerto Navacerrada	Media de todas las estaciones
Enero	71	75	75	77	76	82	76
Febrero	65	69	68	71	69	83	71
Marzo	54	58	59	61	58	78	61
Abril	55	58	58	59	57	81	61
Mayo	54	55	56	58	53	76	59
Junio	46	47	47	47	44	66	49,5
Julio	39	40	40	38	36	54	41
Agosto	41	41	41	39	38	54	42
Septiembre	50	51	51	49	48	65	52
Octubre	64	65	64	64	63	81	67
Noviembre	70	73	73	74	73	83	74
Diciembre	74	78	77	80	79	83	78,5
AÑO	57	59	59	60	58	74	61

Tabla 10. Humedad relativa media (%) en la Comunidad de Madrid

Para el diseño de la instalación se utilizará la media de la humedad relativa media de todas las estaciones para el cálculo de cargas térmicas.

5.2 Cálculo de la carga térmica

Para el cálculo de la carga térmica se va a realizar una clasificación del tipo de cargas térmicas en función de su procedencia:

- **Cargas exteriores:**
 - **Cargas por transmisión:**
Debidas a fenómenos de transmisión de calor entre las paredes, suelo y techos de los locales climatizados tanto con el exterior como por el contacto con otros locales no climatizados.
 - **Cargas por radiación:**
Debido a fenómenos de radiación a través de las superficies acristaladas de nuestro local.
 - **Cargas por ventilación:**
Depende de dos términos, uno sensible referido a la potencia calorífica que se introduce por tener dos fluidos a distinta temperatura y un término latente debido a la potencia calorífica de la humedad relativa del aire.
 - **Cargas por infiltraciones:**
Representan la potencia introducida o extraída a través de causas estructurales: rendijas de las puertas, defectos de aislamiento, mal cierre de ventanas, apertura y cierre de puertas, etc.
- **Cargas interiores:**
 - **Cargas por ocupación:**
Causadas por el calor que emiten las personas que ocupan los locales a climatizar.
 - **Cargas por iluminación:**
Calor emitido por los equipos de iluminación y alumbrado del local.
 - **Cargas por instalaciones:**
Debidas al calor que emiten los equipos y maquinaria del local.

Dado que se va a realizar el cálculo de cargas térmicas del local será necesario calcular las pérdidas de carga dentro de la estructura global del local y sus contactos con otros locales no climatizados (locales medianeros), así como en sus contactos con el exterior (fachadas y cubierta del local).

Para refrigeración se tendrá en cuenta todas las cargas anteriores. En cambio, para calefacción, no se tendrá en cuenta el efecto de la radiación y las cargas interiores no serán pérdidas de calor, sino ganancias, por lo que se tendrán en cuenta en menor medida.

5.2.1 Cargas por transmisión

Para el cálculo de estas cargas utilizaremos la expresión 3:

$$Q = A \cdot U \cdot \Delta T \quad (3)$$

Donde:

Q : carga global por transmisión de ese cerramiento (W)

A : área del cerramiento (m^2)

U : coeficiente global de transferencia de calor ($W/m^2 \cdot K$)

ΔT : diferencia de temperatura entre el exterior y el local a climatizar (K)

Para el cálculo del coeficiente global de transferencia de calor U , se usa la expresión 4:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \sum \frac{e_i}{\lambda_i} + \frac{1}{h_i}} \quad (4)$$

Donde:

h_e : coeficiente de transferencia de calor por convención exterior ($W/m^2 \cdot K$).

h_i : coeficiente de transferencia de calor por convención interior ($W/m^2 \cdot K$).

e_i : espesor de la capa (m).

λ_i : conductividad térmica de cada capa, siendo i el número total de capas de materiales distintos ($W/m \cdot K$).

5.2.1.1 Carga por transmisión en los cerramientos verticales

- **Muros exteriores (Este y Norte):**

La composición de los muros exteriores (Este y Norte) es la siguiente:

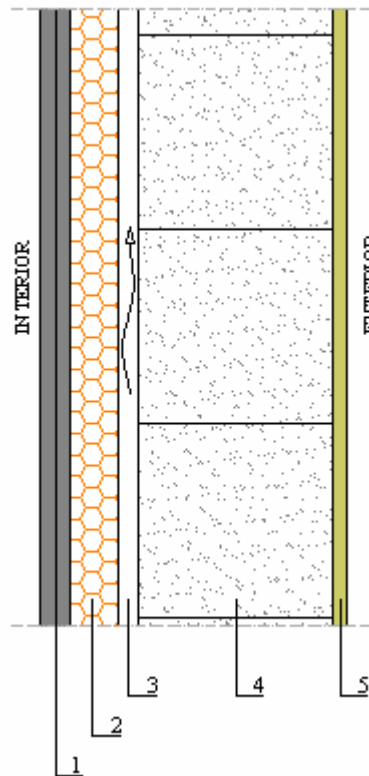


Figura 13. Composición de los muros exteriores (Este y Norte)

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)
1. Trasdoso autoportante doble de placas de cartón yeso	0,030	0,250
2. Aislamiento con lana mineral	0,050	0,040
3. Cámara de aire	0,020	-
4. Bloque de hormigón	0,200	1,180
5. Revestimiento con mortero monocapa	0,015	0,550

Tabla 11. Composición de los muros exteriores (Este y Norte)

Según el CTE-HE1, tabla E.1, resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior:

- Resistencia exterior cerramiento vertical, flujo horizontal:

$$R_{se} = 0,040 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- Resistencia interior cerramiento vertical, flujo horizontal:

$$R_{si} = 0,130 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Según el CTE-HE1, Tabla E.2, resistencias térmicas de cámaras de aire:

- Resistencia cámara de aire vertical de espesor 2 cm:

$$R_{camara_de_aire_2cm} = 0,170 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Por tanto:

$$U_{muro_exterior} = \frac{1}{R_{si} + \frac{e_{yeso}}{\lambda_{yeso}} + \frac{e_{aislante_lana_mineral}}{\lambda_{aislante_lana_mineral}} + R_{camara_de_aire_2cm} + \frac{e_{hormigon}}{\lambda_{hormigon}} + \frac{e_{mortero}}{\lambda_{mortero}} + R_{se}} \quad (5)$$

$$U_{muro_exterior} = 0,524 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

- **Muros exteriores con alicatado (Norte):**

La composición de los muros exteriores con alicatado (Norte) es la siguiente:

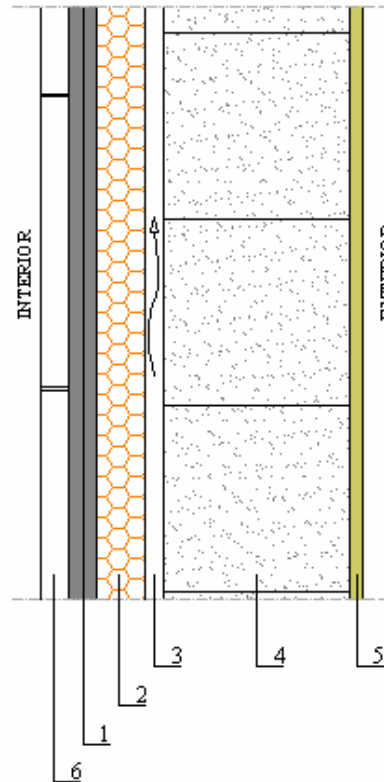


Figura 14. Composición de los muros exteriores con alicatado (Norte)

Tabla 12. Composición de los muros exteriores con alicatado.

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)
6. Alicatado con adhesivo	0,030	1,000
1. Trasdosado autoportante doble de placas de cartón yeso	0,030	0,250
2. Aislamiento con lana mineral	0,050	0,040
3. Cámara de aire	0,020	-
4. Bloque de hormigón	0,200	1,180
5. Revestimiento con mortero monocapa	0,015	0,550

Según el CTE-HE1, Tabla E.1, resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior:

- Resistencia exterior cerramiento vertical, flujo horizontal:

$$R_{se} = 0,040 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- Resistencia interior cerramiento vertical, flujo horizontal:

$$R_{si} = 0,130 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Según el CTE-HE1, tabla E.2, resistencias térmicas de cámaras de aire:

- Resistencia cámara de aire vertical de espesor 2 cm:

$$R_{camara_de_aire_2cm} = 0,170 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Por tanto:

$$U_{muro_exterior_alicatado} = \frac{1}{R_{si} + \frac{e_{alicatado}}{\lambda_{alicatado}} + \frac{e_{yeso}}{\lambda_{yeso}} + \frac{e_{aislante_lana_mineral}}{\lambda_{aislante_lana_mineral}} + R_{camara_de_aire_2cm} + \frac{e_{hormigon}}{\lambda_{hormigon}} + \frac{e_{mortero}}{\lambda_{mortero}} + R_{se}}$$

(6)

$$U_{muro_exterior_alicatado} = 0,516 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

- **Muros medianeros (Sur):**

La composición de los muros medianeros (Sur) es la siguiente:

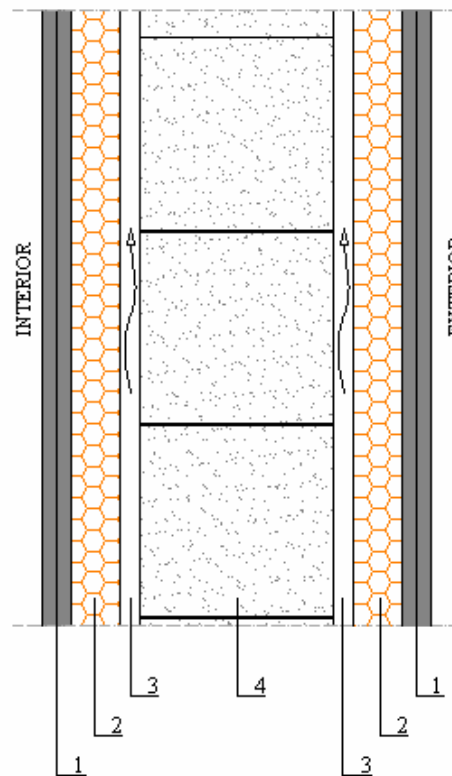


Figura 15. Composición de los muros medianeros (Sur)

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)
1. Trasdoso autoportante doble de placas de cartón yeso	0,030	0,250
2. Aislamiento con lana mineral	0,050	0,040
3. Cámara de aire	0,020	-
4. Bloque de hormigón	0,200	1,180

Tabla 13. Composición de los muros medianeros (Sur)

Según el CTE-HE1, Tabla E.2, resistencias térmicas de cámaras de aire:

- Resistencia cámara de aire vertical de espesor 2 cm:

$$R_{camara_de_aire_2cm} = 0,170 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Por tanto:

$$U_{muro_medianero} = \frac{1}{R_{si} + \frac{2 \cdot e_{yeso}}{\lambda_{yeso}} + \frac{2 \cdot e_{aislante_lana_min_eral}}{\lambda_{aislante_lana_min_eral}} + 2 \cdot R_{camara_de_aire_2cm} + \frac{e_{hormigon}}{\lambda_{hormigon}} + R_{se}} \quad (7)$$

$$U_{muro_medianero} = 0,292 \frac{kg}{K \cdot s^3}$$

- **Muros medianeros con alicatado (Sur y Oeste):**

La composición de los muros medianeros con alicatado (Sur y Oeste) es la siguiente:

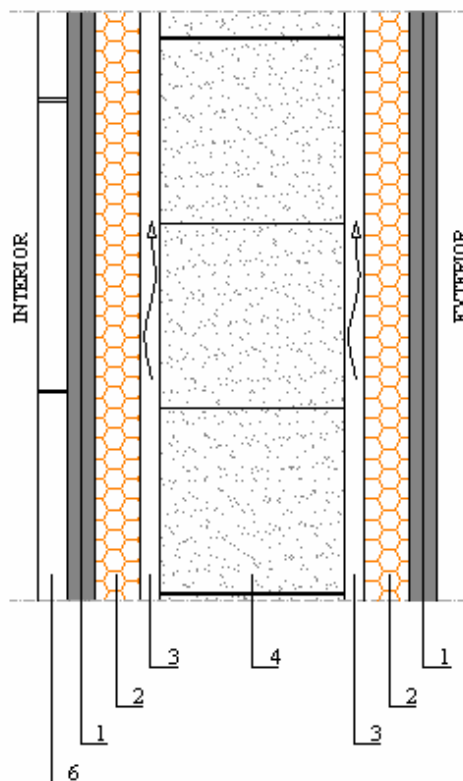


Figura 16. Composición de los muros medianeros con alicatado (Sur y Oeste)

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)
6. Alicatado con adhesivo	0,030	1,000
1. Trasdoso autoportante doble de placas de cartón yeso	0,030	0,250
2. Aislamiento con lana mineral	0,050	0,040
3. Cámara de aire	0,020	-
4. Bloque de hormigón	0,200	1,180

Tabla 14. Composición de los muros medianeros con alicatado (Sur y Oeste)

Según el CTE-HE1, Tabla E.2, resistencias térmicas de cámaras de aire:

- Resistencia cámara de aire vertical de espesor 2 cm:

$$R_{camara_de_aire_2cm} = 0,170 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Por tanto:

$$U_{muro_medianero_alicatado} = \frac{1}{R_{si} + \frac{e_{alicatado}}{\lambda_{alicatado}} + \frac{2 \cdot e_{yeso}}{\lambda_{yeso}} + \frac{2 \cdot e_{aislante_lana_mineral}}{\lambda_{aislante_lana_mineral}} + 2 \cdot R_{camara_de_aire_2cm} + \frac{e_{hormigon}}{\lambda_{hormigon}} + R_{se}} \quad (8)$$

$$U_{muro_medianero_alicatado} = 0,290 \frac{kg}{K \cdot s^3}$$

- Ventanas y puertas (Este y Norte):**

Las ventanas y puertas del local están compuestas por un vidrio laminar de seguridad 6+6:

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)
9. Vidrio	0,006	-
10. Lámina butiral de polivinilo incoloro	0,00038	-

Tabla 15. Composición de ventanas

Según *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*, el coeficiente global de transferencia de calor “U” para un vidrio laminar 6+6 dispuesto en vertical es:

$$U_{ventana} = 5,400 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

$$U_{puerta} = 5,400 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

- Vidrios fijos (Este):**

Los vidrios fijos del local están compuestos por un vidrio laminar de seguridad 5+5:

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)
9. Vidrio	0,005	-
10. Lámina butiral de polivinilo incoloro	0,00038	-

Tabla 16. Composición de vidrios fijos

Según *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*, el coeficiente global de transferencia de calor “U” para un vidrio laminar 5+5 dispuesto en vertical es:

$$U_{\text{vidrio_fijo}} = 5,500 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

- **Puerta metálica trasera (Oeste):**

La puerta metálica trasera del local está compuesta por:

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)
11. Acero inoxidable	0,003	17,000

Tabla 17. Composición de puerta metálica

Por tanto:

$$U_{\text{puerta_metalica}} = \frac{1}{R_{se} + \frac{e_{\text{acero_inoxidable}}}{\lambda_{\text{acero_inoxidable}}} + R_{si}} \quad (9)$$

$$U_{\text{puerta_metalica}} = 5,876 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

5.2.1.2 Carga por transmisión en los cerramientos horizontales

- **Cubierta**

La composición de la cubierta es la siguiente:

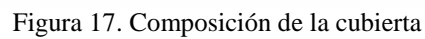


Tabla 18. Composición de la cubierta

Según el CTE-HE1, tabla E.1, resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior:

- Resistencia exterior cerramiento horizontal, flujo descendente:

$$R_{se_C_des} = 0,040 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

- Resistencia interior cerramiento horizontal, flujo descendente:

$$R_{si_C_des} = 0,170 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Según *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE*, la resistencia térmica de un forjado reticular sin entrevigado de espesor 300 mm. es:

$$R_{forjado_reticular_sin_entrevigado} = 0,070 \frac{m^2 \cdot K}{W}$$

Por tanto:

$$U_{cubierta_descendente} = \frac{1}{R_{si_C_des} + \frac{e_{carton_yeso}}{\lambda_{carton_yeso}} + \frac{e_{camara_aire_instalacion}}{\lambda_{camara_aire_instalacion}} + \frac{e_{aislante_lana_vidrio}}{\lambda_{aislante_lana_vidrio}} + R_{forjado_reticular} + \frac{e_{pendiente_hormigon}}{\lambda_{pendiente_hormigon}} + \dots} \dots$$

$$\dots \frac{1}{\frac{e_{barrera_vapor}}{\lambda_{barrera_vapor}} + \frac{e_{aislante_lana_mineral}}{\lambda_{aislante_lana_mineral}} + \frac{2e_{capa_separadora}}{\lambda_{capa_separadora}} + \frac{e_{capa_impermedicacion}}{\lambda_{capa_impermedicacion}} + \frac{e_{mortero_agarre}}{\lambda_{mortero_agarre}} + \frac{e_{pavimento_paetonal}}{\lambda_{pavimento_paetonal}} + R_{se_C_des}}$$

(10)

$$U_{cubierta_descendente} = 0,156 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

- **Cerramiento horizontal inferior. Sala**

La composición del cerramiento horizontal inferior en la zona de la sala es la siguiente:

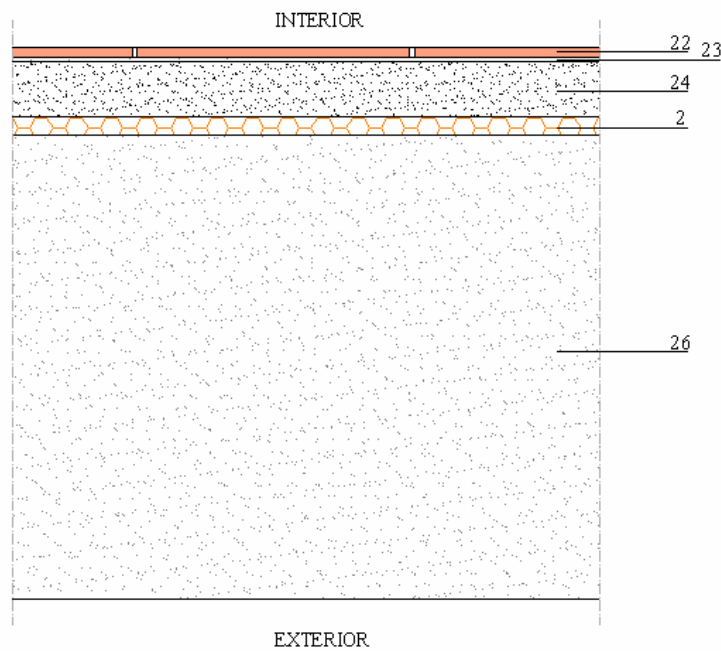


Figura 18. Composición del cerramiento horizontal inferior en la zona de la sala

MATERIAL	ESPESOR (m)	CONDUCTIVIDAD TÉRMICA (W/m·K)
22. Solado de gres esmaltado	0,010	1,900
23. Cemento cola	0,005	1,000
24. Losa de mortero	0,060	0,700
2. Aislante térmico lana mineral	0,020	0,040
26. Losa de hormigón	0,500	1,650

Tabla 19. Composición del cerramiento horizontal inferior en la zona de la sala

Para los cálculos se ha considerado un terreno de caliza con un espesor de 1 m. y una conductividad térmica de 0,85 W/m·K.

Por tanto:

$$U_{suelo\ sala} = \frac{1}{R_{si_suelo} + \frac{e_{gres_esmaltado}}{\lambda_{gres_esmaltado}} + \frac{e_{cemento\ cola}}{\lambda_{cemento\ cola}} + \frac{e_{losa_mortero}}{\lambda_{losa_mortero}} + \frac{e_{aislante\ lana_mineral}}{\lambda_{aislante\ lana_mineral}} + \frac{e_{losa_hormigón}}{\lambda_{losa_hormigón}} + \frac{e_{terreno}}{\lambda_{terreno}}} \quad (11)$$

$$U_{suelo\ sala} = 0,445 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

5.2.1.3 Comprobación de los coeficientes globales de transferencia de calor

En este punto se va a comprobar los valores obtenidos de la estructura con los valores límite impuestos por el CTE para la comprobación de la normativa. Se debe comprobar en la zona climática que se encuentra, según el CTE DB-HE Apéndice D.

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)	Desnivel entre la localidad y la capital de su provincia (m)				
			≥200 <400	≥400 <600	≥600 <800	≥800 <1000	≥1000
Albacete	D3	677	D2	E1	E1	E1	E1
Alicante	B4	7	C3	C1	D1	D1	E1
Almería	A4	0	B3	B3	C1	C1	D1
Ávila	E1	1054	E1	E1	E1	E1	E1
Badajoz	C4	168	C3	D1	D1	E1	E1
Barcelona	C2	1	C1	D1	D1	E1	E1
Bilbao	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Burgos	E1	861	E1	E1	E1	E1	E1
Cáceres	C4	385	D3	D1	E1	E1	E1
Cádiz	A3	0	B3	B3	C1	C1	D1
Castellón de la Plana	B3	18	C2	C1	D1	D1	E1
Ceuta	B3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Ciudad real	D3	630	D2	E1	E1	E1	E1
Córdoba	B4	113	C3	C2	D1	D1	E1
Coruña (a)	C1	0	C1	D1	D1	E1	E1
Cuenca	D2	975	E1	E1	E1	E1	E1
Donostia-San Sebastián	C1	5	D1	D1	E1	E1	E1
Girona	C2	143	D1	D1	E1	E1	E1
Granada	C3	754	D2	D1	E1	E1	E1
Guadalajara	D3	708	D1	E1	E1	E1	E1
Huelva	B4	50	B3	C1	C1	D1	D1
Huesca	D2	432	E1	D1	E1	E1	E1
Jaén	C4	436	C3	D2	D1	E1	E1
León	E1	346	E1	E1	E1	E1	E1
Lleida	D3	131	D2	E1	E1	E1	E1
Logroño	D2	379	D1	E1	E1	E1	E1
Lugo	D1	412	E1	E1	E1	E1	E1
Madrid	D3	589	D1	E1	E1	E1	E1
Málaga	A3	0	B3	C1	C1	D1	D1
Melilla	A3	130	B3	B3	C1	C1	D1
Murcia	B3	25	C2	C1	D1	D1	E1
Ourense	C2	327	D1	E1	E1	E1	E1
Oviedo	C1	214	D1	D1	E1	E1	E1
Palencia	D1	722	E1	E1	E1	E1	E1
Palma de Mallorca	B3	1	B3	C1	C1	D1	D1
Palmas de Gran Canaria (las)	A3	114	A3	A3	A3	B3	B3
Pamplona	D1	456	E1	E1	E1	E1	E1
Pontevedra	C1	77	C1	D1	D1	E1	E1
Salamanca	D2	770	E1	E1	E1	E1	E1
Santa Cruz de Tenerife	A3	0	A3	A3	A3	B3	B3
Santander	C1	1	C1	D1	D1	E1	E1
Segovia	D2	1013	E1	E1	E1	E1	E1
Sevilla	B4	9	B3	C2	C1	D1	E1
Soria	E1	964	E1	E1	E1	E1	E1
Tarragona	B3	1	C2	C1	D1	D1	E1
Teruel	D2	995	E1	E1	E1	E1	E1
Toledo	C4	445	D3	D2	E1	E1	E1
Valencia	B3	8	C2	C1	D1	D1	E1
Valladolid	D2	704	E1	E1	E1	E1	E1
Vitoria-Gasteiz	D1	512	E1	E1	E1	E1	E1
Zamora	D2	617	E1	E1	E1	E1	E1
Zaragoza	D3	207	D2	E1	E1	E1	E1

Tabla 20. Zona climática

A continuación se comprobarán los valores obtenidos con las exigencias de la normativa del CTE DB-HE-1 2.1.

Zona	U (W/m ² ·K)	U _{lim} (W/m ² ·K)
Muros exteriores	0,524	0,660
Muros medianeros	0,292	0,660
Cubierta	0,156	0,380
Suelo	0,445	0,490
Ventanas	5,400	3,500
Vidrios fijos	5,500	3,500
Puerta metálica	5,876	3,500
Puertas vidrio	5,400	3,500

Tabla 21. Comprobación de la U con los valores límite del CTE

Como se puede observar, tanto muros, cubierta y suelo cumplen la normativa, pero en ventanas, vidrios fijos y puertas no se cumple. El diseñador del edificio debería haber elegido materiales más aislantes para cumplir con la normativa.

5.2.1.4 Cálculo de las cargas por transmisión

Se debe discriminar el cálculo de las cargas por transmisión en función de la naturaleza del contacto entre superficies, esto es, contacto con el exterior o contacto con local medianero no climatizado. En los contactos con locales medianeros no climatizados, la temperatura de éstos corresponderá a la media entre la temperatura de confort del local y la temperatura de cargas térmicas. Se va a suponer que los locales colindantes no están climatizados para diseñar la instalación en el caso más desfavorable.

- **Cargas a través de muros en contacto con el exterior:**

$$Q_1 = (U_{\text{muro_exterior}} \cdot A_{\text{muro_exterior}}) \cdot (T_{\text{cargas}} - T_{\text{local}}) \quad (12)$$

- **Cargas a través de muros alcatados en contacto con el exterior:**

$$Q_2 = (U_{\text{muro_exterior_alcatado}} \cdot A_{\text{muro_exterior_alcatado}}) \cdot (T_{\text{cargas}} - T_{\text{local}}) \quad (13)$$

- **Cargas a través de muros medianeros con otros locales:**

$$Q_3 = (U_{\text{muro_medianero}} \cdot A_{\text{muro_medianero}}) \cdot \left(\frac{T_{\text{local}} + T_{\text{cargas}}}{2} - T_{\text{local}} \right) \quad (14)$$

- **Cargas a través de muros medianeros alcatados con otros locales:**

$$Q_4 = (U_{\text{muro_medianero_alcatado}} \cdot A_{\text{muro_medianero_alcatado}}) \cdot \left(\frac{T_{\text{local}} + T_{\text{cargas}}}{2} - T_{\text{local}} \right) \quad (15)$$

- **Cargas a través de ventanas en contacto con el exterior:**

$$Q_5 = (U_{\text{ventana}} \cdot A_{\text{ventana}}) \cdot (T_{\text{cargas}} - T_{\text{local}}) \quad (16)$$

- **Cargas a través de puertas en contacto con el exterior:**

$$Q_6 = (U_{\text{puerta}} \cdot A_{\text{puerta}}) \cdot (T_{\text{cargas}} - T_{\text{local}}) \quad (17)$$

- **Cargas a través de vidrios fijos en contacto con el exterior:**

$$Q_7 = (U_{\text{vidrio_fijo}} \cdot A_{\text{vidrio_fijo}}) \cdot (T_{\text{cargas}} - T_{\text{local}}) \quad (18)$$

- **Cargas a través de puerta metálica en contacto con el exterior:**

$$Q_8 = (U_{\text{puerta_metalica}} \cdot A_{\text{puerta_metalica}}) \cdot (T_{\text{cargas}} - T_{\text{local}}) \quad (19)$$

- **Cargas a través de la cubierta:**

$$Q_9 = (U_{\text{cubierta_descendent}} \cdot A_{\text{cubierta_descendent}}) \cdot (T_{\text{cargas}} - T_{\text{local}}) \quad (20)$$

- **Cargas a través del suelo de la sala:**

$$Q_{10} = (U_{\text{suelo_sala}} \cdot A_{\text{suelo_sala}}) \cdot (T_{\text{terreno}} - T_{\text{local}}) \quad (21)$$

La ecuación 21 solo se tendrá en cuenta para los meses de invierno.

Finalmente se obtiene la carga térmica total de transmisión como la suma de todas las cargas anteriormente calculadas:

$$Q_{\text{transmission}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 + Q_7 + Q_8 + Q_9 + Q_{10} \quad (22)$$

5.2.2 Cargas por radiación

Se deben a la energía incidente en los locales a través de los rayos del sol que penetran por las ventanas y cuya energía es almacenada por cualquier cuerpo que se vea expuesto. Esta carga es siempre positiva y se tendrá en cuenta en verano y no en invierno puesto que en invierno las peores condiciones se darían en la noche y esta carga térmica sería nula.

Se calcularán estas cargas de acuerdo a la siguiente expresión:

$$Q = \sum_{i=1}^4 I_i \cdot A_i \cdot f_{\text{trans}} \quad (23)$$

donde:

Q : carga global por radiación (W).

A_i : área expuesta a radiación (m²).

I_i : irradiación a través de los cristales según la orientación (W/m²).

f_{trans} : factor de transmitancia.

La irradiación a través de los cristales según la orientación en Madrid para los meses de verano se obtiene del libro de Carlos Pizzetti, “Acondicionamiento del aire y Refrigeración” [9], cuyos datos se adjuntan a continuación en la Tabla 22:

Mes	Norte	Este	Sur	Oeste
Mayo	537,420	2.222,688	1.069,770	2.222,688
Junio	613,470	2.231,814	835,536	2.069,574
Julio	537,420	2.222,688	1.069,770	2.034,084
Agosto	403,572	2.087,826	1.772,472	2.087,826
Septiembre	320,424	1.685,268	2.408,250	1.685,268

Tabla 22. Irradiación a través de los cristales según la orientación en Madrid.

Los datos se han corregido para la altitud de la localidad de Las Rozas con un factor multiplicador de 0,07% cada 300 metros, como indica el libro.

El factor de transmitancia f_{trans} es dependiente del tipo de cristal. De acuerdo a los apuntes de Calor y Frío Industrial de Mercedes Vega de la UC3M [10], se escoge un factor de transmitancia es de 0,6.

Las áreas acristaladas según la orientación son las siguientes:

$$A_{\text{ventanasNorte}} = 4,46 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{ventanasOeste}} = 11,81 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{puertas}} = 18,14 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{vidrio_fijo}} = 21,06 \text{ m}^2$$

Se consideran incluidas las puertas ya que están en su mayor parte acristaladas con el mismo vidrio que en ventanas y vidrios fijos.

La carga de radiación se calcula como:

$$Q_{\text{radiación}} = I_{\text{norte}} \cdot (A_{\text{ventanas_N}} + A_{\text{puerta}} + A_{\text{vidrio_fijo}}) \cdot f_{\text{transmitancia}} + I_{\text{este}} \cdot A_{\text{ventanas_O}} \cdot f_{\text{transmitancia}} \quad (24)$$

5.2.3 Cargas por ventilación

Las cargas por ventilación dependerán de los caudales adjuntos en la Tabla 23, extraídas del RITE en las tablas 1.4.2.1, 1.4.2.2 y 1.4.2.3.

20 | Caudales mínimos de aire exterior, en otros edificios

Categoría	usos a que se aplica	locales ocupados habitualmente L/s por persona		locales no ocupados habitualmente L/(s.m ²)
		no fumadores	fumadores	
IDA 1: aire de óptima calidad	hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías.	20	—	no aplicable
IDA 2: aire de buena calidad	oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas.	12,5	25	0,83
IDA 3: aire de calidad media	edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.	8	16	0,55
IDA 4: aire de calidad baja		5	10	0,28

IDA son las siglas del inglés Indoor Air

Tabla 23. Caudales mínimos de aire exterior según RITE

La carga por ventilación viene determinada por dos términos, uno sensible referido a la potencia calorífica que se introduce al tener dos fluidos a diferente temperatura y otro debido a la potencia calorífica de la humedad relativa del aire.

5.2.3.1 Carga de ventilación sensible

Esta carga se calculará según la siguiente expresión:

$$Q = v_{vent} \cdot \rho_{aire} \cdot C_{p_{aire}} \cdot (T_{cargas} - T_{local}) \quad (25)$$

donde:

Q : carga por ventilación sensible (W)

v_{vent} : caudal de ventilación total (m³/s)

ρ_{aire} : densidad del aire (kg/ m³)

$C_{p_{aire}}$: calor específico del aire a temperatura de cargas térmicas (J/kg·K)

T_{cargas} : Temperatura de las cargas térmicas (K)

T_{local} : Temperatura del local a climatizar (K)

Se recogen los caudales necesarios para el cálculo de esta carga según la tabla anterior, donde se tenían los caudales de ventilación mínimos exigidos según RITE.

El caudal de ventilación para la instalación es de 8 l/s.

5.2.3.2 Carga de ventilación latente

Esta carga se calculará según la siguiente expresión:

$$Q = v_{vent} \cdot \rho_{aire} \cdot h_{fg} \cdot (\varpi_e - \varpi_l) \quad (26)$$

donde:

Q : carga por ventilación latente (W)
 v_{vent} : caudal de ventilación total (m^3/s)
 ρ_{aire} : densidad del aire (kg/m^3)
 h_{fg} : entalpía de formación del agua (kJ/kg)
 ω_e : humedad exterior (g/g)
 ω_i : humedad interior del local (g/g)

Se tomará una entalpía de formación del agua de 2451,80 kJ/kg y las humedades relativas se obtendrán gracias al uso de un diagrama psicrométrico introduciendo la humedad relativa absoluta y la temperatura.

Se considera que las cargas por ventilación deben ser tenidas en cuenta durante el tiempo que la instalación se encuentra en funcionamiento, es decir, durante 12 horas al día:

$$Q_{ventilacion} = (Q_{ventilacionsensible} + Q_{ventilacionlatente}) \cdot f_{corrección} \quad (27)$$

5.2.4 Cargas internas

Las cargas internas son debidas a la emisión de calor de personas, iluminación y/o equipos eléctricos.

Se diferenciará entre los distintos tipos de cargas internas según su origen, siendo el total de las cargas internas la suma de las mismas:

$$Q_{internas} = Q_{internas_Ocupacion} + Q_{internas_iluminacion} + Q_{internas_equipo} \quad (28)$$

Para el cálculo de las cargas internas en invierno solo se tendrá en cuenta el 25% ya que favorece al calentamiento del local.

$$Q_{internas_invierno} = 0,25 \cdot Q_{internas} \quad (29)$$

5.2.4.1 Cargas debidas a los ocupantes

Las personas emiten energía en forma de calor que afecta a la carga térmica del edificio y por tanto debe ser tenida en cuenta. De nuevo se tendrán dos componentes, uno sensible y otro latente.

Según los apuntes de Calor y Frío Industrial de Mercedes Vega de la UC3M, las cargas de ocupación sensible y latente de las personas son las siguientes:

$$Q_{ocupacionSensible} = 70 \cdot \frac{W}{persona} \quad (30)$$

$$Q_{ocupacionLatente} = 60 \cdot \frac{W}{persona} \quad (31)$$

Se debe añadir un factor de ocupación, ya que las personas no se encuentran las 24 horas del día del local. Para este proyecto, un restaurante, el factor de ocupación será de 0,25 ya que se considera que el local está 12 horas en funcionamiento y hay una media de ocupación del 50% del día.

Por tanto, la carga debida a los ocupantes del edificio será:

$$Q_{internas_Ocupacion} = \left(70 \cdot \frac{W}{persona} + 60 \cdot \frac{W}{persona} \right) \cdot 181 personas \cdot 0,25 \quad (32)$$

5.2.4.2 Cargas debidas a iluminación

La iluminación del local también aporta carga térmica que deberá ser contabilizada. Según el documento de cargas térmicas de Mercedes de Vega de la UC3M, para un local se puede considerar un valor aproximado de 20 W/m². Como la iluminación no está en funcionamiento las 24 horas del día, se deberá corregir su valor para adecuarlo a las condiciones reales. Se estima un uso de iluminación de 8 horas diarias.

Para el cálculo de la carga final de iluminación se utilizará la fórmula 33:

$$Q_{internas_iluminacion} = A_{local} \cdot 20 \frac{W}{m^2} \cdot f_{iluminacion} \quad (33)$$

5.2.4.3 Cargas debidas a equipos/maquinaria

Los equipos y maquinaria del local también aportan carga térmica. Estos son los reflejados en la tabla 24:

Equipo	Tostadora	Freidora	Horno	Parrilla	Cafetera	Ordenador
Potencia (W)	500	1.000	1.260	940	470	250

Tabla 24. Potencia de equipos/maquinaria del local

Por lo que la carga total aportada por los equipos/maquinaria es:

$$Q_{\text{internas_equipos}} = \text{tostadora} + \text{freidora} + \text{horno} + \text{parrilla} + \text{cafetera} + \text{ordenador} \quad (34)$$

5.2.5 Cargas debidas a infiltraciones

Se trata de una carga instantánea que aporta tanto calor sensible como calor latente al local. La dificultad del cálculo de esta carga radica en estimar el caudal de aire infiltrado que entra por diferencias de presión y densidad entre el aire exterior e interior.

Estas cargas también deben ser tenidas en cuenta solo durante el tiempo que la instalación se encuentra en funcionamiento, es decir, durante 12 horas al día.

Se estimarán estas cargas como un 15% de las cargas de transmisión, quedando finalmente como:

$$Q_{\text{infiltracion}} = 0,15 \cdot Q_{\text{transmission}} \quad (35)$$

5.3 Resultados de la carga térmica

Las cargas térmicas mensuales obtenidas según su tipología son las recogidas en la Tabla 25:

MES	$Q_{\text{transmisión}}$ (kW)	$Q_{\text{radiación}}$ (kW)	$Q_{\text{ventilación}}$ (kW)	Q_{internas} (kW)	$Q_{\text{infiltración}}$ (kW)
Enero	-15,879	0	-29,189	3,14	-2,382
Febrero	-14,558	0	-26,975	3,14	-2,184
Marzo	-14,558	0	-24,924	3,14	-2,184
Abril	-12,766	0	-20,135	3,14	-1,915
Mayo	3,396	1,445	7,629	12,55	0,509
Junio	7,501	1,545	16,31	12,55	1,125
Julio	8,114	1,445	21,384	12,55	1,217
Agosto	8,114	1,229	21,329	12,55	1,217
Septiembre	4,623	0,985	12,852	12,55	0,693
Octubre	-12,907	0	-23,816	3,14	-1,936
Noviembre	-15,313	0	-28,076	3,14	-2,297
Diciembre	-15,643	0	-30,208	3,14	-2,346

Tabla 25. Cargas térmicas del local para cada mes

La carga térmica total del local es calculada sumando todos los términos y con las consideraciones acordadas es la mostrada en la Tabla 26.

MES	$Q_{\text{termica_total}}$ (kW)
Enero	-44,314
Febrero	-40,581
Marzo	-38,53
Abril	-31,68
Mayo	25,53
Junio	39,03
Julio	44,71
Agosto	44,439
Septiembre	31,704
Octubre	-35,523
Noviembre	-42,549
Diciembre	-45,062

Tabla 26. Cargas térmicas totales del local

Con los resultados obtenidos se puede ver que la carga térmica de mayo a septiembre es positiva por lo que esos meses corresponderán al período en el que se hará necesaria la refrigeración del local. El resto de meses corresponden al periodo de funcionamiento de la instalación de calefacción.

La Figura 19 muestra la variación de la carga térmica total del edificio a lo largo del año:

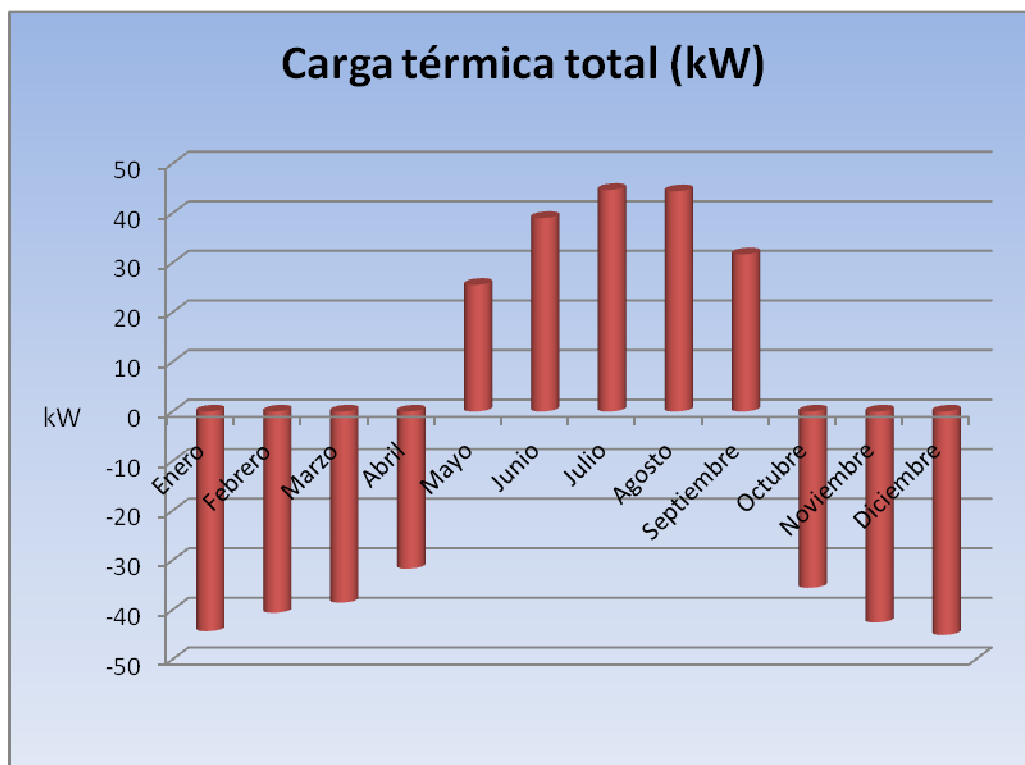


Figura 19. Carga térmica mensual del local a lo largo del año

Como era de esperar las cargas mayores se encontrarán en los meses de diciembre y enero para calefacción y en julio y agosto para refrigeración.

CAPÍTULO 6. Descripción y elementos de la instalación

6.1 Introducción a la instalación

En este capítulo se va a realizar una breve descripción de los distintos dispositivos y configuraciones que conforman una instalación solar térmica, indicando su propósito general y las características de su tecnología.

6.1.1 Antecedentes

Tras la realización de los cálculos previos y el análisis de los mismos, las configuraciones a estudio son las siguientes:

1. Instalación exclusiva de suministro de ACS.
2. Instalación completa compuesta por dos bloques: uno para cubrir el suministro de calefacción y otro para satisfacer las necesidades de refrigeración del local.

Estos bloques tendrán a su vez un sistema auxiliar de apoyo en forma de caldera o de compresión mecánica para hacer frente a la demanda completa de aquellos meses en los que la energía solar sea incapaz de cubrirla, pero tendrá que ser aportado el 60% de la demanda de ACS sin ayuda de la caldera, exclusivamente de la energía proveniente de las placas solares para cumplir la normativa.

Los sistemas que componen la instalación completa son:

- Sistema de transformación de energía: colectores solares de tubo de vacío.
- Sistema de apoyo: caldera de gas natural y aires acondicionados de compresión mecánica.
- Sistemas de almacenamiento: tanques de acumulación.
- Sistemas de intercambio de calor: intercambiadores de calor de placas.
- Sistema de calefacción y climatización: suelo radiante, máquina de absorción, torre de refrigeración y techo refrescante.
- Sistema de distribución: tuberías, bombas, válvulas y distribuidores.
- Sistema de regulación, control y medida: centralita, termopares, sensores de radiación, etc.
- Otros sistemas: purgadores y vasos de expansión.

Los esquemas de cada instalación son los que se muestran en las Figuras 20 y 21.

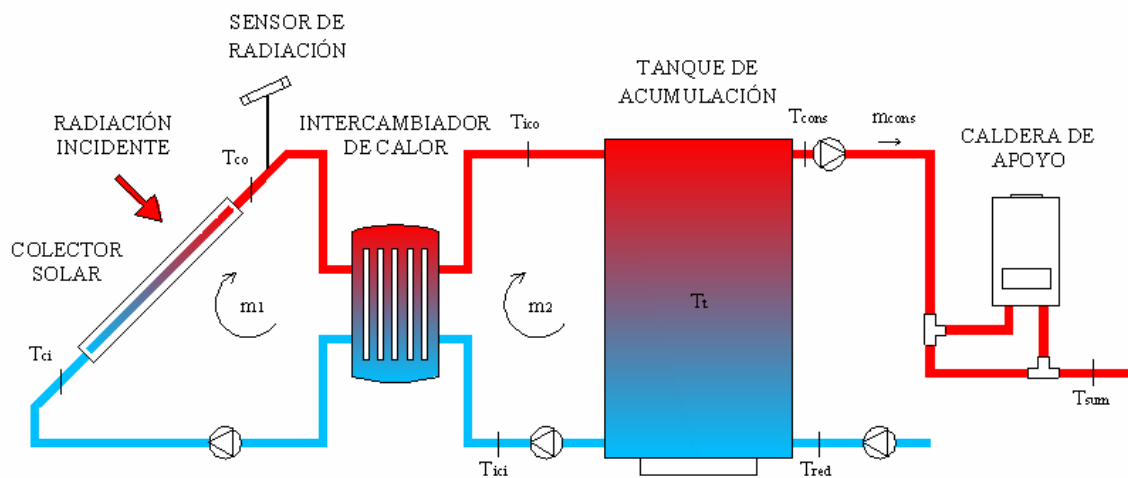


Figura 20. Esquema de la instalación exclusiva de ACS

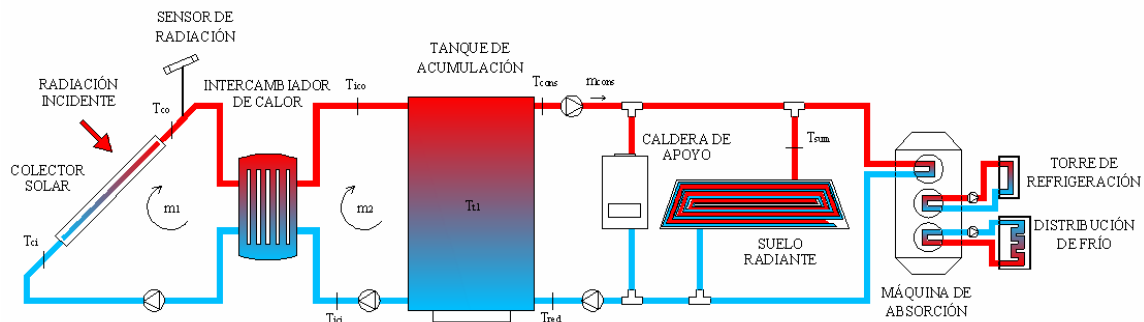


Figura 21. Esquema de la instalación completa de Calefacción y Refrigeración

6.2 Elementos de la instalación

La instalación de energía solar térmica de baja temperatura se compone de los siguientes elementos.

6.2.1 Colectores solares

Un colector solar térmico, o captador solar, es una especie de intercambiador de calor que transforma la energía radiante en calor. La transferencia de energía se realiza desde una fuente radiante (sol) hacia un fluido térmico, que en este caso será una mezcla de propilenglicol (al 35%) y agua, que circula por los conductos del colector.

6.2.1.1 Fluido de trabajo

Para seleccionar el fluido de trabajo se debe ser cuidadoso, ya que, en los períodos invernales se pueden producir heladas y con ello se produzca el paso del fluido de un estado líquido a sólido.

Los fluidos de trabajo del circuito primario deben cumplir las siguientes condiciones:

- Deben ser resistentes a la temperatura de trabajo.
- Deben proteger contra heladas.
- Deben evitar la corrosión, en el caso de que en el circuito primario se utilicen materiales mixtos o propensos a la corrosión.
- Deben poseer un calor específico elevado, así como una buena conductividad térmica.
- No deben ser tóxicos ni contaminar el medio ambiente.
- Deben tener una baja viscosidad, y así mantener en un valor reducido las pérdidas de carga.
- Deben tener bajos costes y una buena disponibilidad.

La utilización de agua podría desencadenar que en períodos invernales se produzca la congelación de esta y por tanto, un aumento del volumen específico y un riesgo en las tuberías ya que se produciría una sobrepresión en las mismas. En períodos de temperaturas máximas ocurriría lo contrario, ya que el agua podría elevar su temperatura hasta el punto de ebullición originándose vapor de agua en las tuberías.

Por todos estos aspectos se ha llegado a la conclusión de utilizar como fluido de trabajo una mezcla de agua y anticongelante (propilenglicol). La proporción necesaria de anticongelante se determinará a partir de la temperatura mínima histórica, para Madrid quedó registrada el 16 de enero de 1945 siendo de -10,1 °C.

De la empresa Ibersolar [11] se obtienen los datos del propilenglicol. Con las Figuras 22 y 23 se obtienen las propiedades y la composición de la mezcla.

PROPIEDADES TYFOCOR L CONCENTRADO		
Aspecto	claro, líquido incoloro	
Punto de Ebullición	>150°C	ASTM D 1120
Punto de Solidificación	<-50°C	DIN ISO 3016
Densidad (20°C)	1.054-1.058g/cm ³	DIN 51757/ASTM D 4052
Viscosidad (20°C)	68-72mm ² /s	DIN 51562
Índice de refracción (20°C)	1.435-1.437	DIN 51423
Reserva de alcalinidad	10-13mL 0.1n HCl	ASTM D1121
pH concentrado	6.5-8.0	ASTM D 1287
pH diluido al 1:2 con agua destilada	7.5-8.5	ASTM D 1287
Contenido en agua	<4%v/v	ASTM D1123/DIN 51777
Punto de Inflamación	>100°C	DIN 51758
PROPIEDADES TYFOCOR L AL 40 %		
Índice de refracción al 40% (20°C)	1.3801	DIN 51423
Resistencia a las heladas al 40%	-21°C	DIN ISO 3016
Densidad al 40% (20°C)	1037g/cm ³	DIN 51757/ASTM D 4052

Figura 22. Propiedades del Tyfocor (propilenglicol)

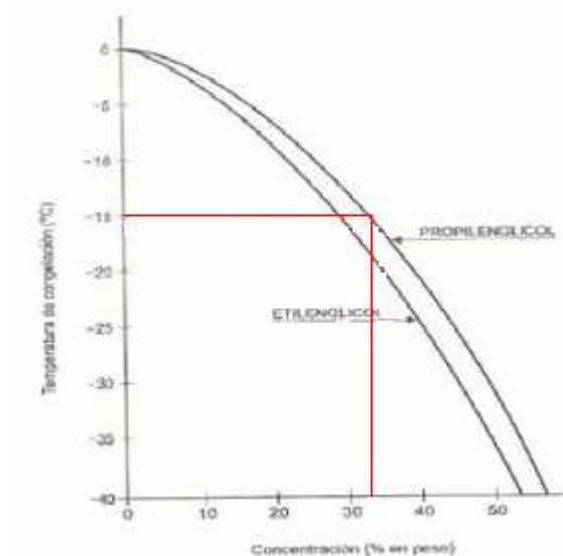


Figura 23. Proporción de propilenglicol

Por tanto, se va a utilizar una mezcla del 35% que cumple con las condiciones de congelación con un factor de seguridad de 1,5. Para ebullición, el propilenglicol concentrado puede alcanzar temperaturas de más de 150 °C, pero al estar al 35% concentrado con agua, la cual tiene una temperatura de ebullición de 100 °C, la temperatura de ebullición estará entre medias de las dos, evitando así posibles deterioros y fallos en las mismas.

6.2.1.2 Clasificación colectores solares

La clasificación de paneles solares térmicos se observa en la Figura 24 obtenida de la web de caloryfrío.com [12].

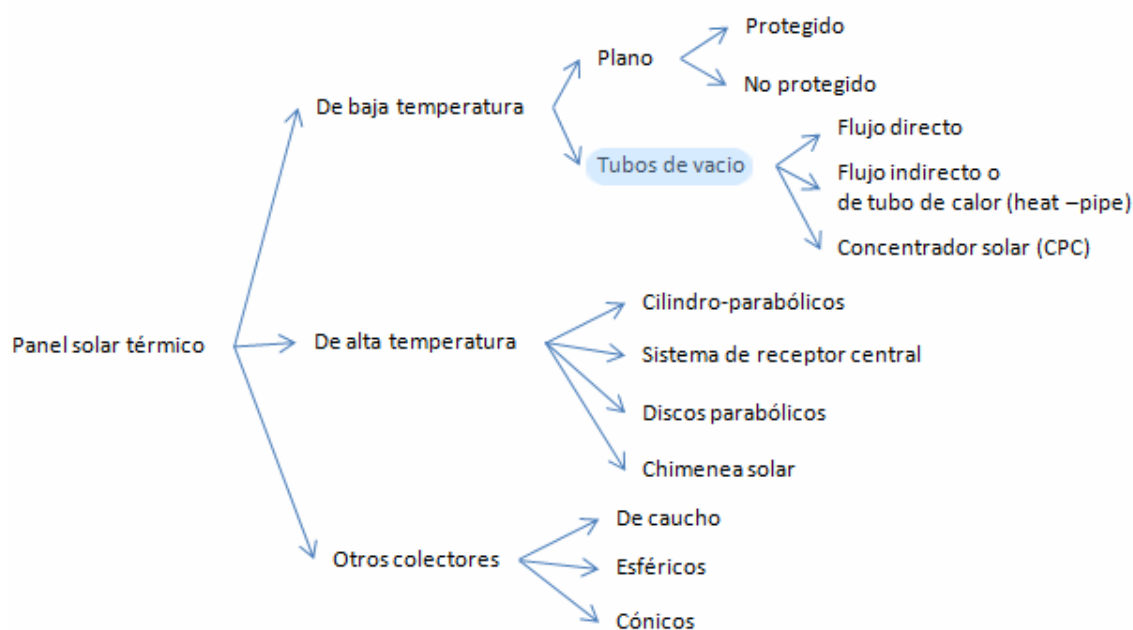


Figura 24. Clasificación panel solar térmico

Los tubos de vacío se denominan así, por haberse hecho en fábrica un vacío entre los elementos transparentes y los absorbedores, suprimiendo de ésta forma una importante fuente de pérdidas por convección. En modelos más sofisticados, y buscando un menor grado de vacío para una reducción de pérdidas equivalente, éste se realiza sobre un relleno de la ampolla de xenón u otro gas.

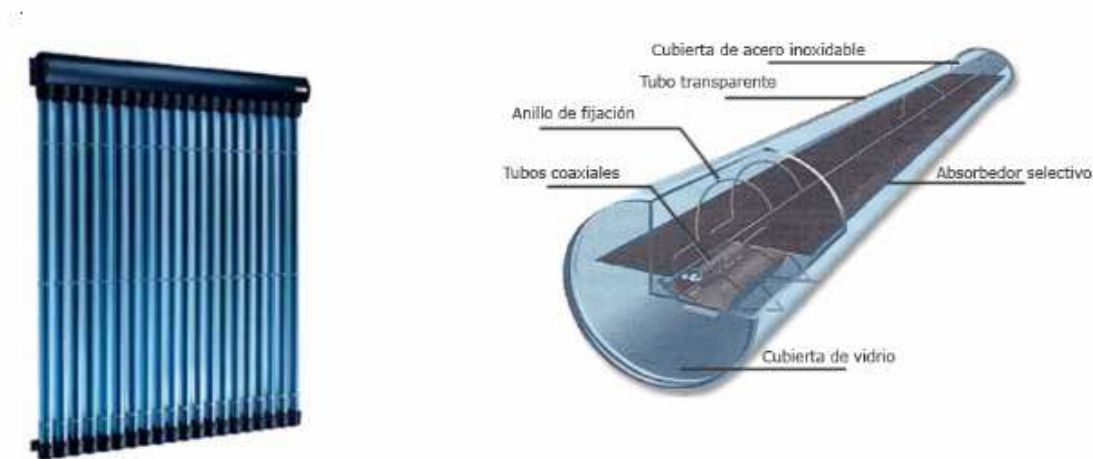


Figura 25. Elementos de los tubos de vacío

Dado que al aplicarse ésta tecnología sobre los colectores de placa plana, la cubierta correría alto grado de rotura debido a la presión atmosférica, los colectores basados en tubos de vacío se componen de una serie de ampollas donde se efectúa el intercambio térmico a través de una placa absorbidora, que sostiene al elemento portador del fluido. Estas ampollas o tubos de vacío están conectados a un caballete colector encargado de tomar el fluido frío de la instalación y devolverlo a mayor temperatura.

Debido a las altas temperaturas que pueden aportar estos dispositivos al fluido caloportador, se debe prestar atención a los aislamientos de las tuberías y otros accesorios cercanos al colector, tal que estos elementos puedan trabajar de forma estable a temperaturas por encima de 150°C. La misma consideración a de tomarse con la estabilidad del fluido caloportador a estas temperaturas.

Los tubos de vacío, en comparación con los colectores planos, suponen un avance en la captación de calor en condiciones desfavorables (precisamente cuando más se necesita el calor). Sin embargo, el elevado precio de esta tecnología sólo la hace recomendable en lugares con climas muy extremos, o cuando el sistema no disponga de un apoyo de energía convencional.

Desde otro punto de vista, una ventaja añadida de los tubos es su mayor versatilidad de colocación, tanto desde el punto de vista práctico como estético, pues al ser cilíndricos, toleran variaciones de hasta 25° sobre la inclinación idónea sin pérdida de rendimiento, lo que permite adaptarlos a la gran mayoría de las edificaciones existentes. A esto hay que añadir la menor superficie necesaria que precisan los tubos.

La instalación del local se realizará por medio de tubos de vacío. Para decidir el tipo de tubos de vacío que se van a utilizar se va a explicar cada uno de ellos [13].

6.2.1.2.1 Tubos de vacío: Flujo directo

Esta tecnología se emplea tanto para colectores exentos como para calentadores solares compactos con depósito integrado. Los colectores de tubo de vacío de flujo directo colocan en el interior del tubo evacuado una plancha de material absorbente adecuado que hace las veces de absorbedor transformando la radiación solar en calor. El absorbedor es recorrido en su superficie por un tubo con flujo directo en el que circula un fluido que eleva su temperatura en contacto con él.

Los colectores de tubo de vacío de flujo directo tienen la ventaja de poder adoptar una posición tanto horizontal como vertical sin mermar su rendimiento ya que el tubo puede rotar sobre su eje inclinándose el absorbedor de la manera más adecuada.

Tiene la ventaja, además de ser utilizable en áreas frías, permite usar las estrategias contra la congelación de uso general en la energía solar térmica.

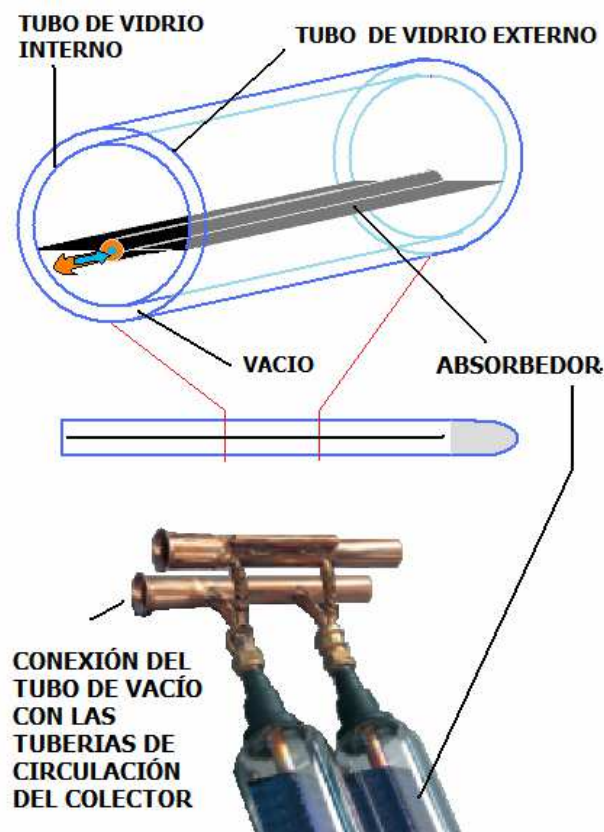


Figura 26. Tubo de vacío de flujo directo

6.2.1.2.2 Tubos de vacío: Heat pipe

Esta tecnología de colectores solares emplea un mecanismo denominado Heat pipe (tubo de calor). Este mecanismo consiste en un tubo cerrado en el cual se introduce un fluido de propiedades específicas. Cuando el Sol incide sobre el absorbedor adosado al tubo, el fluido se evapora y absorbe calor (calor latente). Como gas, asciende sobre el líquido hasta lo alto del tubo donde se sitúa el foco frío. Allí se licua (condensa) y cede su calor latente al fluido que se quiere calentar volviendo a caer al fondo del tubo por gravedad. Este proceso se repite mientras dure la radiación del Sol o hasta que el colector ha alcanzado una temperatura muy alta (de en torno los 130 grados). El Heat Pipe o tubo de calor es considerado como un superconductor térmico por lo eficaz de su funcionamiento.

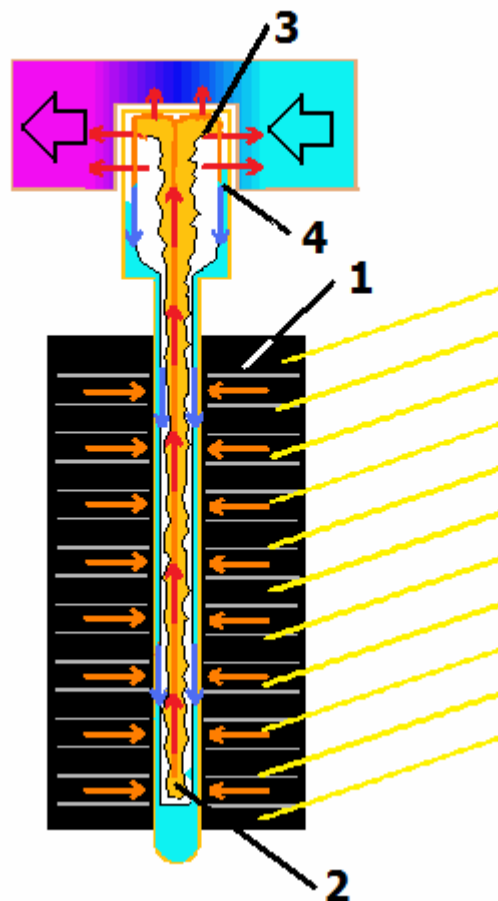


Figura 27. Esquema de funcionamiento tubos de vacío heat pipe

En la Figura 27 se explica el funcionamiento de los tubos de vacío heat pipe:

1. La radiación solar incide en el absorbedor que se calienta y transmite ese calor al tubo.
2. El calor recibido provoca que el fluido en el interior del tubo se evapore y ascienda portando energía (calor latente).
3. El fluido evaporado cede su calor latente al fluido más frío que circula por el exterior de la cabeza del tubo y al hacerlo se licua.

4. El fluido de nuevo en estado líquido cae por gravedad al fondo del tubo para reiniciar el proceso.

Los colectores de tubo de vacío con tecnología heat pipe tienen la ventaja de no sufrir pérdidas por la noche ya que el proceso de transferencia de calor no es reversible (es decir, el fluido caliente, o el calor, no puede pasar del acumulador al tubo y por lo tanto perderse). Además cada tubo es independiente pudiéndose cambiar en pleno funcionamiento del sistema. Es altamente resistente a las heladas.

Dado que los tubos también pueden girar sobre su eje, existe la posibilidad de que adopten posiciones verticales y horizontales al igual que ocurre en los sistemas de flujo directo aunque en este caso habrá que respetar una inclinación mínima del largo del tubo para permitir que el fluido una vez licuado pueda descender por gravedad.

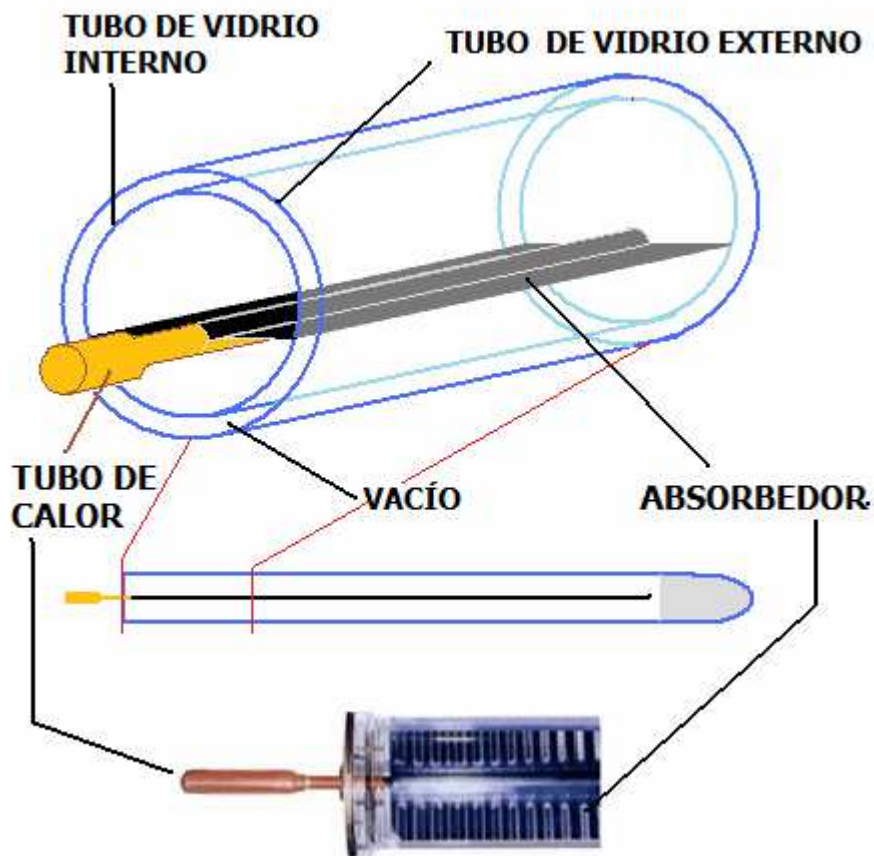


Figura 28. Tubo de vacío de heat pipe

6.2.1.2.3 Tubos de vacío: Concentrador (CPC)

Consiste en un tubo de vidrio de doble pared, con la superficie absorbedora cilíndrica apoyada en la pared del tubo interior. Su fin es evitar posibles pérdidas de vacío a través de la conexión entre el metal y el vidrio que se produce en otros diseños de tubos

de vacío. Dada esta característica cilíndrica del absorbedor, las ampollas se montan en caballetes provistos de reflectores concentradores.

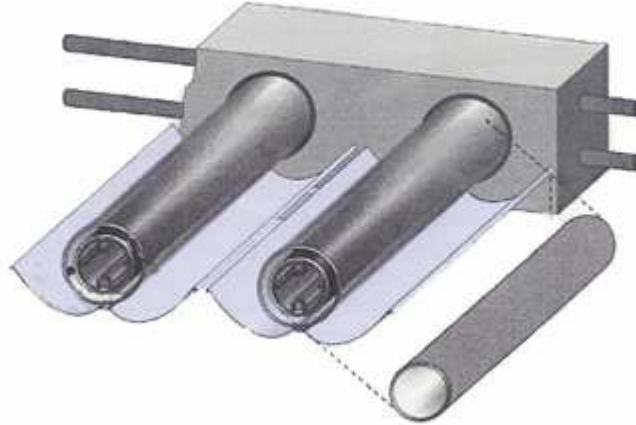


Figura 29. Tubo de vacío de CPC

La unidad completa del captador se comercializa bajo el nombre CPC (captador de concentración cilindro-parabólico compuesto).

La eficacia de los reflectores situados fuera del tubo de vidrio puede disminuir con el tiempo debido a la influencia de la intemperie. Por tal razón, deberían verificarse y limpiarse los reflectores durante el mantenimiento.

Gracias a su bajo precio, este tipo de tubo ha logrado establecerse en una buena posición en el mercado de las pequeñas instalaciones, a pesar del rendimiento inferior comparado con otros tipos de tubos de vacío.

6.2.1.3 Conexión de los paneles solares entre sí

El conexionado de todos los paneles se realizará en paralelo. Esto es debido a que es necesario un alto caudal del circuito primario al tener que transferir gran cantidad de energía en el primer intercambiador. Si se realizase en serie o mixto, se conseguirían temperaturas mucho más altas pero las pérdidas producidas serían mayores y en consecuencia bajaría el rendimiento de la instalación.

Otro aspecto a tener en cuenta, es que si falla un colector no pasa nada, ya que a los demás no les afecta. Por último, con esta configuración, se tendrá un aumento de la longitud de la tubería con lo que producirá un aumento de pérdidas, pero las ventajas son suficientes para elegir esta configuración.

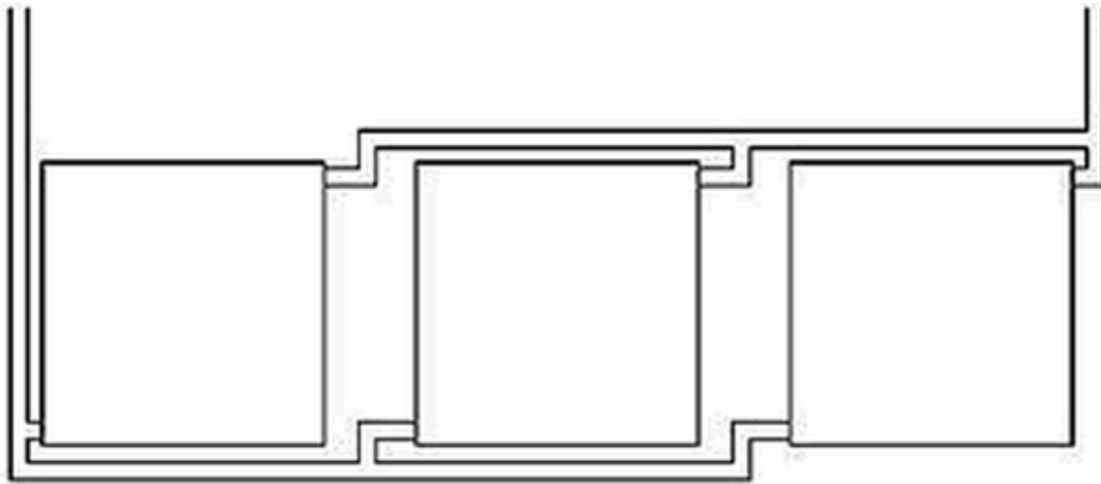


Figura 30. Conexión en paralelo de los paneles solares. Textoscientificos.com [14]

6.2.2 Intercambiadores de calor

Un intercambiador de calor es un equipo utilizado para calentar un fluido que está más frío de lo deseado. La transferencia de calor se realiza a través de una pared metálica o de un tubo que separa ambos fluidos [15] de tal manera que se evita su contacto.

Centrándose en la instalación solar térmica se ha preseleccionado un intercambiador de calor de placas de flujo cruzado, adecuado para esta aplicación ya que es necesario que se produzca una adecuada transferencia de calor entre ambos circuitos para minimizar en lo posible las pérdidas de energía en la instalación. Además estos intercambiadores de calor son compactos.

Otro aspecto a tener en cuenta es el caudal que circula por ellos, hay que tener especial cuidado en la elección del intercambiador para que pueda admitir todo el caudal del circuito primario y secundario.

6.2.3 Tanque de almacenamiento

El tanque de almacenamiento conserva caliente el agua producida por el colector. Es de forma cilíndrica y fabricado en hierro, pintado y acabado con pintura epóxica electrostática. El colector al capturar la radiación del sol y transformarla en energía térmica, provoca que el agua que se encuentra en el colector gane temperatura y se sitúe en la parte alta del tanque, en la parte baja del tanque es por donde entra el agua de red y por donde sale el agua hacia el colector solar, de esta forma se produce la estratificación del tanque [16].

La necesidad de almacenar el agua se debe a que no se trata de una instalación para consumo directo, circunstancia que prohíbe el CTE y que supone la necesidad de

usar un tanque secundario de menor tamaño a la salida del sistema de apoyo para absorber los picos de consumo en ACS.

El CTE tiene una normativa para el cálculo del volumen óptimo del tanque de ACS y de almacenamiento, que se detallará más adelante.

6.2.4 Tanque para ACS

Según el CTE es necesario instalar un tanque de menores dimensiones a la salida de la caldera para asegurar el suministro en los transitorios y picos de ACS a la temperatura adecuada.

También evita la aparición de parásitos y bacterias en el agua, un ejemplo de ello es la legionella, por lo que se tiene que superar los 42 °C de temperatura para evitar su aparición.

6.2.5 Sistema de tuberías

Comunican los diferentes elementos de la instalación para la correcta circulación de los fluidos.

Las tuberías del circuito pueden ser de cobre, acero inoxidable o materiales plásticos que soporten la temperatura máxima del circuito, cumplan con las normas UNE de aplicación y esté autorizada su utilización por las compañías de suministro de agua potable.

Su dimensionado se realizará de forma que la pérdida de carga unitaria en tuberías nunca sea superior a 40 mm de columna de agua por metro lineal, tal como indica el IDAE en su Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura [17].

Dado que el área de fluido en contacto con las tuberías es muy elevado y una pérdida excesiva de energía por ellas haría disminuir el rendimiento de la instalación, es necesario un aislamiento de las mismas con fibra de vidrio (habitual) de espesores entre 20 y 60 mm.

6.2.6 Bombas de circulación de fluidos

Dado que esta instalación se encuentra en la cubierta del local, hay que salvar una altura para el suministro de ACS y calefacción/refrigeración. Para esto será necesario un sistema de bombeo en toda la instalación.

Las bombas permiten purgar la instalación de forma rápida y simple en caso de necesidad y además, su consumo eléctrico debe ser el menor posible para reducir el periodo de amortización y que su rendimiento sea máximo.

Se utilizarán bombas tipo circuladoras en línea siempre que sea posible, aunque podrán ser del tipo en línea, de rotor seco o húmedo, o de bancada.

Los materiales de la bomba serán compatibles con las mezclas anticongelantes del fluido de trabajo utilizado, resistentes a la corrosión y a la presión máxima del circuito, según el IDAE.

Según el tipo de accionamiento existen bombas neumáticas, de accionamiento hidráulico, manuales y electrobombas.

6.2.7 Vaso de expansión

Los vasos de expansión son utilizados para proteger la instalación frente a las variaciones de volumen y presión en el fluido a causa de los aumentos de temperatura.

Existen diferentes tipos de vasos de expansión según el IDAE:

- **Vasos de expansión abiertos:** capaces de absorber la expansión completa del fluido de trabajo entre las temperaturas extremas de funcionamiento, quedando el nivel mínimo de agua a una altura de 2,5 m. sobre el punto más alto de la instalación y teniendo una salida de rebosamiento.
- **Vasos de expansión cerrados:** la tubería de conexión del vaso no se aislará térmicamente y tendrá volumen suficiente para enfriar el fluido antes de alcanzar el vaso, permitiendo presiones superiores a la atmosférica.

Para esta instalación se van a usar vasos de expansión en el circuito primario y terciario, ya que en el circuito secundario las variaciones de volumen y presión pueden ser asumidas por el tanque de almacenamiento principal. Más adelante se mostrarán los cálculos realizados para justificar esta decisión.

6.2.8 Purgadores de aire o vapor

Los purgadores de aire o vapor son necesarios para resolver el inconveniente de la presencia de aire en los circuitos, lo que provocaría unas pérdidas significativas en forma de transferencia de calor, y proporcionan protección frente a las heladas.

Están formados por un purgador manual o automático, formando los trazados horizontales de tubería una pendiente mínima del 1% en el sentido de circulación.

En el trazado del circuito deberán evitarse, en la manera de lo posible, los sifones invertidos, según indica el IDAE.

6.2.9 Válvulas

Existen dos tipos de válvulas: válvulas de seguridad, que limitan la presión máxima del circuito, y válvulas anti-retorno, que evitan el paso de fluido en sentido contrario.

La elección de las válvulas se debe realizar de acuerdo con la función que desempeñan y las condiciones externas de funcionamiento (presión y temperatura).

6.2.10 Elementos del sistema de refrigeración

6.2.10.1 Máquina de absorción

La máquina de absorción es una bomba de calor, es decir, un equipo que permite traspasar energía de una fuente a baja temperatura a otra fuente a alta temperatura con un pequeño consumo de energía adicional, utilizando un refrigerante y un absorbente. La energía aportada es térmica, por lo que son adecuadas para acoplarlas con colectores solares [18].

Las máquinas de absorción son de gran tamaño e incorporan una torre de refrigeración, lo que las hace apropiadas para los meses de verano ya que se emplea en aplicaciones de enfriamiento de agua.

La máquina de absorción sustituye al compresor mecánico, en los ciclos de refrigeración por compresión mecánica, por un compresor termoquímico en forma de dos intercambiadores de calor y masa, un absorbedor, un generador, una bomba de disolución y una válvula de expansión. La temperatura de funcionamiento de la máquina de absorción es de aproximadamente 75 °C dependiendo del fabricante.

En la Figura 31, extraída de los apuntes de Antonio Soria de Calor y Frío Industrial de la UC3M [19], se puede observar el ciclo de refrigeración por absorción y el diagrama P-h del refrigerante.

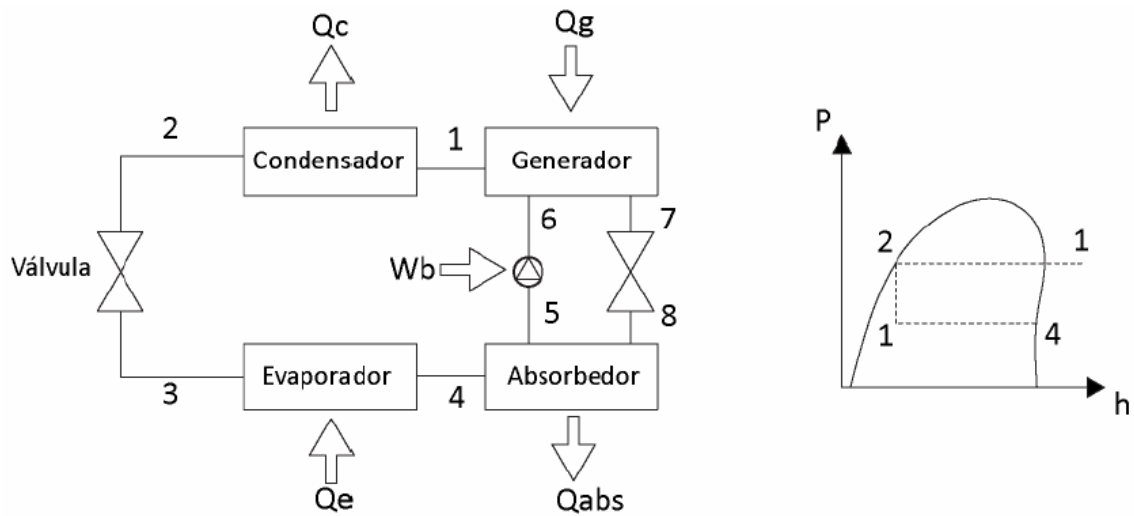


Figura 31. Ciclo de refrigeración por absorción y diagrama P-h del refrigerante

El efecto de refrigeración tiene lugar en el evaporador, donde el refrigerante se evapora y absorbe el calor del espacio a enfriar. Una vez llegado a su estado de saturación o ligeramente calentado, es comprimido hasta la presión de operación del condensador. Esta presión viene determinada por la temperatura del ambiente exterior donde se expulsa el calor de la condensación. Una válvula de expansión se encarga de llevar el refrigerante desde el estado líquido saturado a la salida del condensador hasta la presión del evaporador.

En la Figura 32 se muestra el esquema de funcionamiento de una máquina de absorción [20].

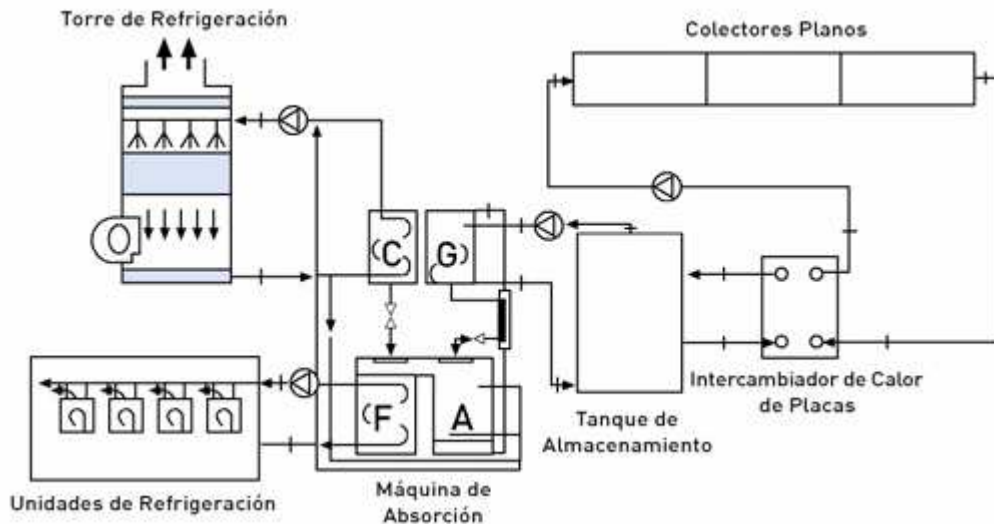


Figura 32. Esquema de funcionamiento de una máquina de absorción

Los fluidos habituales utilizados por la máquina de absorción son los reflejados en la tabla 27, obtenida de los apuntes de Calor y Frío Industrial de la UC3M [19]:

ABSORBENTES:

- Afinidad por el refrigerante
- Punto de ebullición superior al del refrigerante
- Estabilidad, toxicidad
- Precio/Disponibilidad

DISOLUCIONES:

- Viscosidad: baja
- Volumen específico: bajo
- Temperatura de cristalización (sal)
- Volatilidad del absorbente en la disolución: baja

	Bromuro de Litio – Agua	Agua – Amoníaco
REFRIGERANTE	Agua	Amoníaco
Calor latente: ALTO	☺	☺
Presión de vapor: MODERADA	☹	☹
Temperatura de congelación: BAJA	☹	☺
Viscosidad: BAJA	☺	☺
ABSORBENTE	Bromuro de Litio	Agua
Presión de vapor: BAJA	☺	☹
MEZCLA	Disolución BrLi-H ₂ O	Disolución H ₂ O-NH ₃
Fase sólida: NO APARICIÓN	Cristalización: ☹	☺
Toxicidad: BAJA	☺	☺

Tabla 27. Fluidos de trabajo para la máquina de absorción: absorbentes y disoluciones

El condensador es un intercambiador ligado al ciclo de absorción, donde el fluido se condensa cediendo calor a otro fluido, que puede ser agua o aire [21].

6.2.10.2 Climatizadores

Dispositivos finales de la instalación que comunican la potencia frigorífica al local. Existen diferentes tipos de sistemas:

- Fan coils: son unidades individuales de refrigeración para climatizar el local. A ellos les llega un fluido frío, al cual es impulsado aire a través de un ventilador con filtro, de manera que el aire se enfría y el fluido se calienta, retornando al circuito.
- Techo refrescante: es la alternativa al suelo radiante pero para refrigeración, utilizando las densidades del aire y las temperaturas de confort para las personas, intentando que la parte alta de la habitación esté más fría que la parte baja.

Para este proyecto se ha seleccionado el sistema de techo refrescante donde el fluido frío es aportado por la máquina de absorción. Para satisfacer la demanda restante de refrigeración se optará por fan coils, ya que son mucho más económicos. Más adelante se mostraran los cálculos efectuados.

6.2.11 Caldera de apoyo

Este dispositivo auxiliar asegura el alcance de la temperatura del agua adecuada para las distintas aplicaciones de la instalación solar: suministro de ACS a 60 °C, calefacción a 30 °C y alimentación de la máquina de absorción a los 80 °C (temperatura necesaria para su funcionamiento en caso que sea necesario).

Para este proyecto se ha seleccionado una caldera de gas natural dimensionada para que pueda realizar la función de ACS en la instalación única o las tres funciones anteriores en caso de la instalación completa.

6.2.12 Manómetros e hidrómetros

Instrumentos desarrollados para la medición de la densidad relativa o gravedad específica de varios líquidos.

Miden la densidad en relación a su radio, comparado con la densidad del agua [22].

6.2.13 Válvulas de seguridad y antirretorno

Las válvulas de seguridad, también llamadas válvulas de alivio de presión, están diseñadas para liberar un fluido cuando la presión interna de un sistema que lo contiene supere el límite establecido (presión de tarado). Su misión es evitar una explosión, el fallo de un equipo o tubería por exceso de presión.

Las válvulas antirretorno tienen por objetivo cerrar por completo el paso del fluido en circulación en un sentido y dejarlo libre en el contrario. Se utilizan cuando se pretenden mantener a presión una tubería en servicio.

6.2.14 Termómetros y termostatos

Controlan la temperatura y abren o cierran un circuito en función de la misma. Es parte fundamental del circuito ya que de ellas depende la circulación del fluido por las diferentes partes de la instalación.

6.2.15 Purgadores

Es un tipo de válvula automática que descarga el condensado producido en los procesos que consumen vapor y en los conductos de vapor, sin permitir que se descargue este.

6.2.16 Sensor de radiación

También llamado piranómetro, es un instrumento meteorológico utilizado para medir la radiación solar incidente sobre la superficie de la tierra. Se trata de un sensor diseñado para medir la densidad del flujo de radiación solar en un campo de 180°.

6.2.17 Sondas y centralitas

Para la regulación de la instalación. Es de gran importancia una buena programación ya que de ella dependerá toda la circulación de los fluidos y el abastecimiento de las demandas de calor y de agua.

6.3 Principales sistemas de esta instalación

Los principales sistemas de esta instalación de energía solar para ACS, Calefacción y Refrigeración son los siguientes:

- Sistema de ACS.
- Sistema de Calefacción y Refrigeración.
- Sistema de Regularización.

6.3.1 Sistema de ACS

Para este proyecto, se ha diseñado el siguiente esquema de funcionamiento para el calentamiento y el suministro de agua caliente sanitaria:

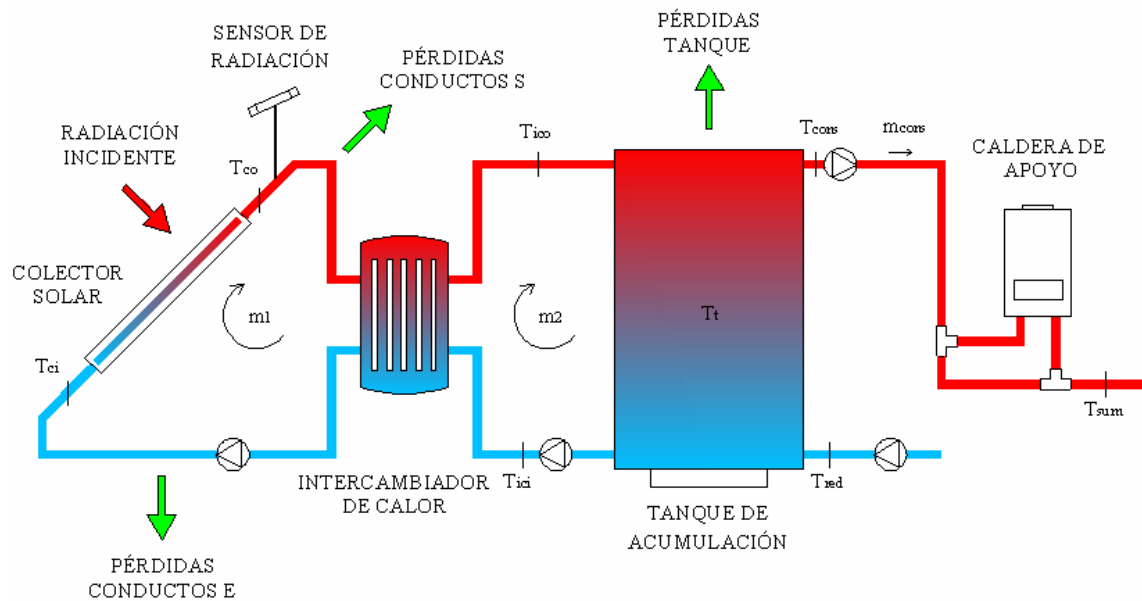


Figura 33. Esquema de la instalación de agua caliente sanitaria

La salida de la disolución propilenglicol-agua de los colectores a máxima temperatura de la instalación es conducida a un intercambiador de placas en contracorriente que calienta el agua que va a ser llevada al tanque principal de almacenamiento. La disolución vuelve a los colectores donde se vuelve a calentar de nuevo en un proceso continuo.

El tanque principal de almacenamiento de agua se alimenta directamente desde la red cuando la válvula de flotador del mismo se abre, consecuencia de un descenso del nivel de líquido contenido en el tanque. Es muy importante que todo el agua que es suministrada sea aportada por la red para no introducir aire en la instalación, perdiendo rendimiento en la misma. Se sitúa un tanque secundario a la salida del sistema de apoyo (caldera) para asegurar un suministro de agua a 60 °C. Este tanque se alimenta directamente desde la caldera de apoyo y su salida coincide directamente a la red de distribución de ACS. Esta caldera estará en paralelo con la instalación, para no influir en el factor de demanda a cumplir por la normativa, siendo en este caso del 60%.

6.3.2 Sistema de Calefacción y Refrigeración

El sistema de Calefacción y Refrigeración tiene dos modos de funcionamiento, uno como calefacción en invierno y otro como refrigeración en verano.

El siguiente esquema refleja la instalación completa de calefacción y refrigeración para este proyecto:

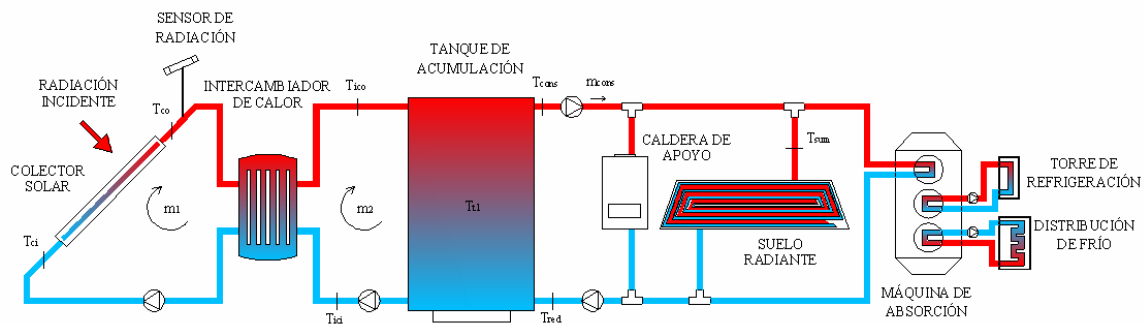


Figura 34. Esquema de la instalación completa de Calefacción y Refrigeración

6.3.2.1 Configuración para Calefacción

Se utilizará un circuito de calefacción mediante suelo radiante a una temperatura máxima de 30 °C en el pavimento con una temperatura de impulsión de las tuberías entre 35-45°C, utilizando la energía captada por los colectores durante los meses comprendidos entre octubre y abril.

El funcionamiento de esta configuración es semejante al de ACS. El circuito primario y secundario funciona exactamente igual que en ACS. En cambio, en el circuito terciario se proporciona agua caliente a las tuberías del suelo radiante realizando un circuito cerrado, en vez de un circuito abierto para consumo. Esta agua caliente es proporcionada a través del tanque de acumulación hacia el suelo radiante, estando en paralelo la caldera para intervenir en caso de que no se llegase a la temperatura de impulsión.

6.3.2.2 Configuración para Refrigeración

Se utilizará un circuito de refrigeración mediante máquina de absorción y techo refrescante, siendo necesaria una temperatura de 75 °C para activar la máquina de absorción según el fabricante de la máquina que se ha elegido. SONNENKLIMA suninverse Refrigeración por absorción 10 kW de potencia nominal y COP = 0,78. Al final de la memoria, en el anexo de fichas técnicas se adjuntan todas las características técnicas de cada componente utilizado.

El sistema de tuberías y elementos es el mismo que en calefacción ya que las dos instalaciones no van a intervenir en el mismo período de tiempo.

6.3.3 Sistema de regulación y control

Según el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión [23] establece los puntos a seguir para configurar el sistema de regulación y control, del cual depende el funcionamiento de esta instalación. Cabe destacar los siguientes:

- Protección de las personas contra posibles contactos directos e indirectos.
- Temperaturas ambiente superiores a 50 °C.
- Tiempo mínimo de fallos en el control diferencial.
- Señalizaciones luminosas en la alimentación de máquinas y bombas.

Para la regulación y control del sistema serán necesarios los siguientes dispositivos:

- **Sensor de radiación:** proporciona información sobre la cantidad de radiación que llega a los colectores, con lo que se determinará el inicio o no del funcionamiento de la bomba del circuito primario, ya que si la radiación es muy baja (por debajo de los 150 W/m²) la bomba se detiene para conseguir que el fluido de los colectores eleve su temperatura.
- **Sensores de temperatura (termopares):** son sensores precisos y relativamente económicos, capaces de medir un amplio rango de temperaturas. Un termopar se crea cuando dos metales diferentes se juntan y el punto de contacto produce un pequeño voltaje de circuito abierto como una función de temperatura [24].

Estos sensores se sitúan en la entrada y salida de los colectores para detener la bomba del circuito primario en caso de que la diferencia de temperatura sea inferior a 5 °C en sus extremos.

Si la diferencia de temperaturas entre los tanques y la salida del colector es inferior a 2 °C, la bomba del circuito secundario se detiene hasta superar de nuevo esa diferencia.

El sensor situado en el tanque auxiliar controla el funcionamiento de la caldera de apoyo, activándola si existe diferencia de temperaturas entre la necesaria para este tanque y la del tanque principal.

- **Centralita:** dispositivo electrónico conectado a los diferentes sensores que proporciona información y es capaces de actuar sobre las bombas, las válvulas y la caldera del sistema para controlar la instalación, si fuese necesario.

CAPÍTULO 7. Cálculo de inclinación y posicionamiento de los colectores

7.1 Introducción

En este capítulo se determinarán los límites de orientación e inclinación de los módulos de acuerdo a las pérdidas admisibles. Además, se calculará la distancia entre colectores para el posicionamiento en la cubierta.

7.2 Inclinación y orientación de captadores

Las pérdidas por la inclinación y orientación se calcularán de la siguiente forma, según el CTE DB-HE 3:

- **Ángulo de inclinación, β :** definido como el ángulo que forma la superficie de los módulos con el plano horizontal. Su valor es 0 para módulos horizontales y 90° para verticales.
- **Ángulo de acimut, α :** definido como el ángulo entre la proyección sobre el plano horizontal de la normal a la superficie del módulo y el meridiano del lugar. Valores típicos son 0° para módulos orientados al sur, -90° para módulos orientados al este y +90° para módulos orientados al oeste.

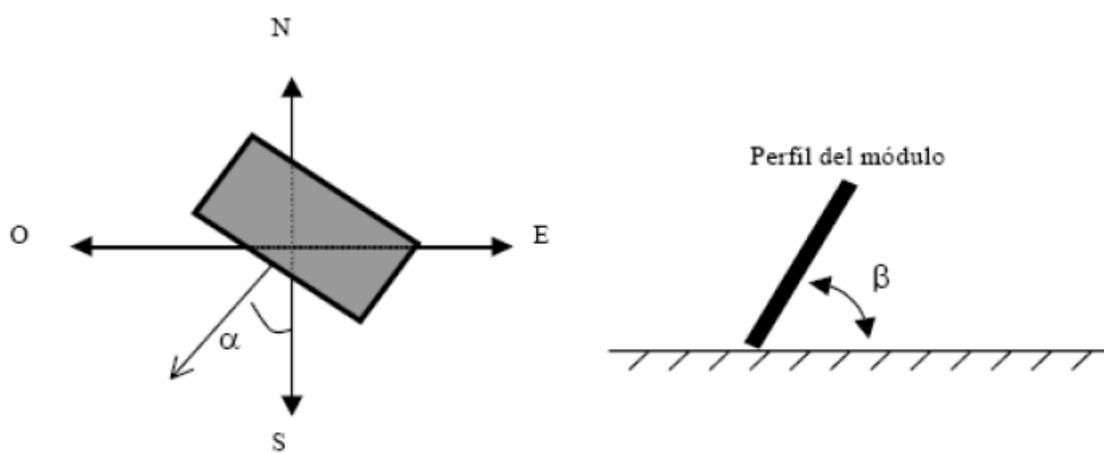


Figura 35. Ángulos principales de los captadores

Las pérdidas máximas admisibles en este caso, según el CTE DB-HE 4 (Tabla 28), son del 10% (caso general) al no tener problemas por proximidad de edificios que pudiesen proyectar sombra sobre los captadores, por lo que no se tendrá en cuenta estas pérdidas en cuanto a sombras.

Caso	Orientación e inclinación	Sombras	Total
General	10%	10%	15%
Superposición	20%	15%	30%
Integración arquitectónica	40%	20%	50%

Tabla 28. Pérdidas por sombras

Para las pérdidas por orientación e inclinación se realizarán los siguientes cálculos. Teniendo en cuenta la orientación de los paneles se pasará a determinar el ángulo azimut, orientados al sur $\alpha=0^\circ$.

Mediante el siguiente gráfico se pasa a determinar los valores máximos y mínimos de inclinación de los paneles para el caso de la latitud $40,51^\circ$. Los puntos de intersección del límite de pérdidas del 10%, borde de la región del 90% - 95%, máximo para este caso y con la recta azimut, proporcionarán dichos valores.

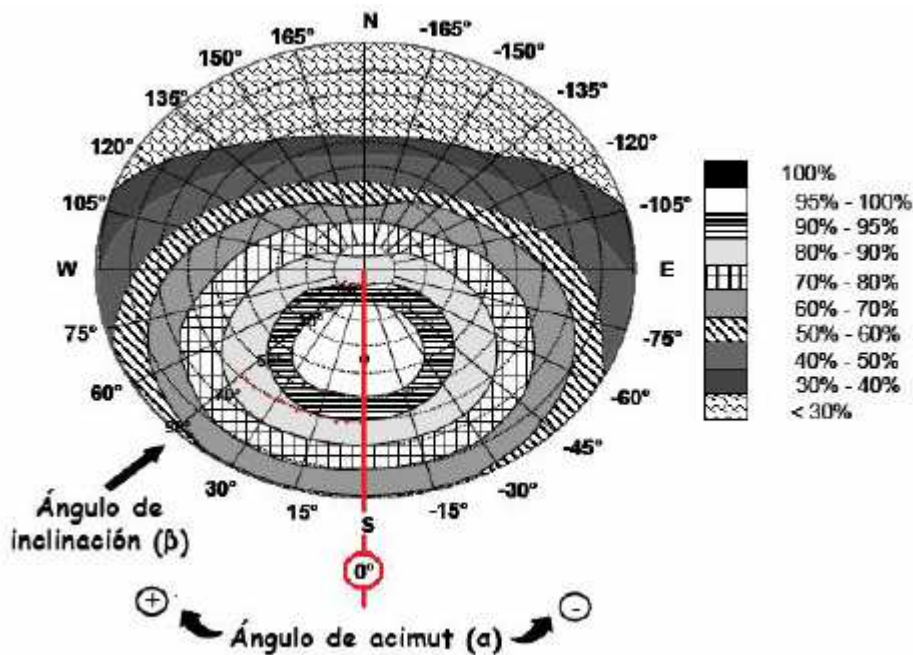


Figura 36. Gráfico de pérdidas por orientación

Para la latitud de $40,51^\circ$:

- Inclinación máxima: 60°
- Inclinación mínima: 0°

Se corrige para la latitud del lugar:

- Inclinación Máxima = Inclinación Máx. (latitud 41°) - (41° - Latitud) (36)

$$\text{Inclinación máxima} = 60^\circ - (41^\circ - 40,51^\circ) = 59,51^\circ$$

- Inclinación Mínima = Inclinación Mín. (latitud 41°) - (41° - Latitud) $\geq 5^\circ$ (37)

$$\text{Inclinación mínima} = 7^\circ - (41^\circ - 40,51^\circ) = 6,51^\circ$$

Por tanto, la inclinación que se opta debe estar entre estos dos valores para cumplir los requisitos de pérdidas por orientación en inclinación. El RITE 10.1.3.1 aconseja los siguientes valores indicados en la Tabla 29:

Tipo de demanda	Inclinación
Demanda constante anual	Latitud geográfica
Demanda preferente en invierno	Latitud + 10°
Demanda preferente en verano	Latitud - 10°

Tabla 29. Valores aconsejados de inclinación por el RITE

En este proyecto se van a adoptar dos inclinaciones, como se muestra en la tabla, a la latitud geográfica, inclinación 40,51° y para una demanda preferente en invierno, latitud geográfica + 10°, 50,51°. Las razones de esta decisión son que normalmente los estudios se realizan a la inclinación de la latitud para una demanda constante anual. El límite máximo de utilización se da normalmente en los meses de verano, por lo que si se dimensiona para invierno se podrá conseguir aumentar el área de colector aumentando el factor de demanda que se consigue proporcionar. En próximos cálculos se verán las diferencias de uno y otro, y se elegirá el más óptimo.

7.3 Distancia entre filas y determinación de sombras

Se procede a calcular la distancia entre filas de colector de dos formas y se elegirá la que mejor se adapte a las condiciones, ya que se dispone de un espacio reducido en la cubierta para la colocación de los colectores.

Los datos necesarios para el cálculo de la distancia son:

- Anchura del colector: 2,5 m.
- Longitud del colector (L): 2,03 m.

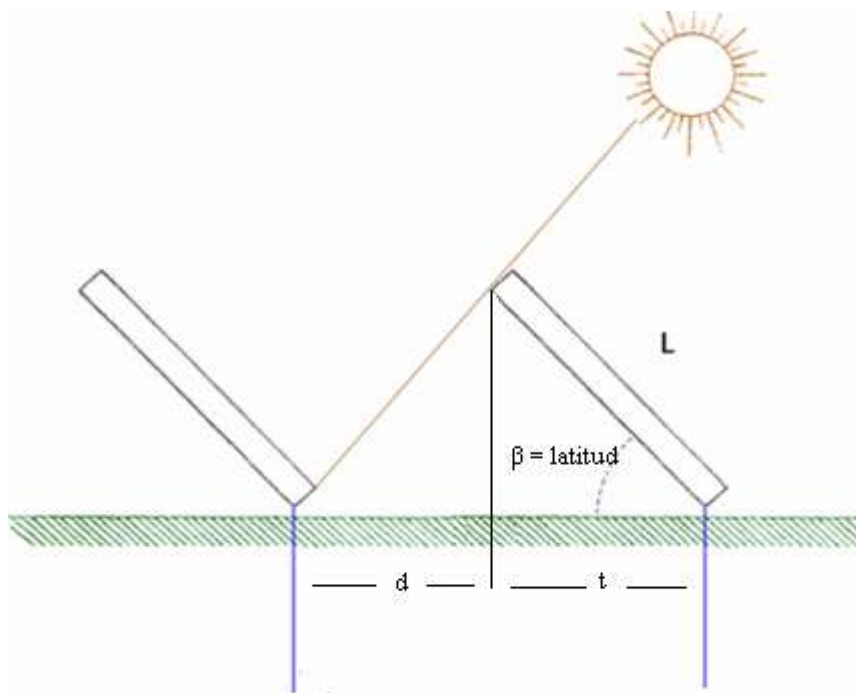


Figura 37. Sombras de los colectores solares

$$t = L \cdot \cos \beta = 1,54m. \quad (38)$$

Los cálculos se realizarán para una inclinación de 40,51°.

7.3.1 Método abreviado

La distancia d entre filas de captadores y cualquier obstáculo se obtiene de la siguiente expresión:

$$d = \frac{h}{\operatorname{tg}(61^\circ - \text{Latitud})} \quad (39)$$

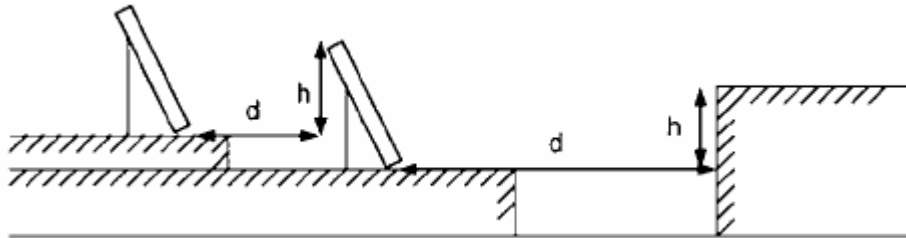


Figura 38. Distancias a elementos que puedan proyectar sombras sobre los captadores

$$d = \frac{L \cdot \operatorname{sen} 40,51^\circ}{\operatorname{tg}(61^\circ - \text{Latitud})} = \frac{2,03 \cdot \operatorname{sen} 40,51^\circ}{\operatorname{tg}(61^\circ - 40,51^\circ)} = 3,52m. \quad (40)$$

$$\text{Distancia entre final de colector e inicio de siguiente } d+t = 5,07 \text{ m.} \quad (41)$$

7.3.2 Método trigonométrico

Este método consiste en calcular la distancia respecto al peor día del año (21 de diciembre).

$$\text{Altura solar a 21 de diciembre: } H_s = 90^\circ - \text{Latitud} - 23,5^\circ = 25,99^\circ \quad (42)$$

$$d = \frac{L \cdot \operatorname{sen} \beta}{\operatorname{tg} H_s} = 2,70m. \quad (43)$$

$$\text{Distancia entre final de colector e inicio de siguiente } d+t = 4,24 \text{ m.} \quad (44)$$

Se elige este segundo método ya que a partir de $d = 2 \text{ m.}$ se cumple con el CTE. Con esto se consigue tener más espacio para la captación solar.

CAPÍTULO 8. Diseño de la instalación solar para el suministro exclusivo de agua caliente sanitaria

8.1 Introducción al diseño del sistema de ACS

En este capítulo se va a calcular y diseñar la instalación de ACS. Para ello, se utilizará el programa MathCAD para el cálculo iterativo del sistema de ecuaciones necesario. Los pasos a seguir son los siguientes:

1. Presentación de los datos de partida.
2. Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa sin pérdidas.
3. Decisión de área de captación empleada e inclinación de los colectores.
4. Cálculos de las pérdidas de la instalación.
5. Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa con pérdidas.
6. Análisis y validación de resultados.
7. Cálculo del resto de componentes.

8.2 Presentación de los datos de partida

Antes del comienzo del diseño de la instalación se deberán tener los datos de los que se dispone antes de enfrentarnos al diseño.

Para el cálculo de la radiación incidente en los colectores nos ayudaremos del modelo de cielo y correcciones del colector por parte de María Carmen Rodríguez-Hidalgo en “Estudio en régimen transitorio de plantas solares térmicas de propósito múltiple. Aplicación al diseño de instalaciones concebidas para agua caliente sanitaria. Tesis doctoral UC3M 2010” [25].

Irradiación Total diaria media de cada mes en Madrid [W·h/(m ² ·dia)]	Irradiación difusa diaria media de cada mes en Madrid [W·h/(m ² ·dia)]	Irradiación Total diaria media anual en Madrid [W·h/(m ² ·dia)]	Irradiación difusa diaria media anual en Madrid [W·h/(m ² ·dia)]	T _o [°C]	Factor de corrección	T _{red} [°C]
2.070	869,40	4.820	1.494,20	7,1	1,12	6
3.040	1.094,40	-	-	8,4	1,08	7
4.480	1.612,80	-	-	10,2	1,03	9
5.680	2.044,80	-	-	13,6	1,09	11
6.590	2.306,50	-	-	15,4	1,04	12
7.710	2.081,70	-	-	21,2	1,02	13
7.980	1.755,60	-	-	25	0,90	14
6.970	1.672,80	-	-	25,1	0,79	13
5.370	1.449,90	-	-	19,9	0,91	12
3.580	1.217,20	-	-	12,9	0,94	11
2.370	924,30	-	-	7,1	1,02	9
1.910	840,40	-	-	5,4	1,08	6

Tabla 30. Tabla para cálculo de la radiación incidente en los colectores

Estos datos se han obtenido de la web Photovoltaic Geographical Information System [26].

Con estos datos, el modelo de cielo y con 40,51° de inclinación se obtiene la siguiente radiación recogida en la Tabla 31:

Meses	Radiación que llega al colector [W·h/(m ² ·dia)]
Enero	423,007
Febrero	483,29
Marzo	503,402
Abril	500,178
Mayo	498,279
Junio	538,978
Julio	573,907
Agosto	577,195
Septiembre	548,71
Octubre	505,488
Noviembre	455,632
Diciembre	424,771

Tabla 31. Radiación que llega al colector para ACS

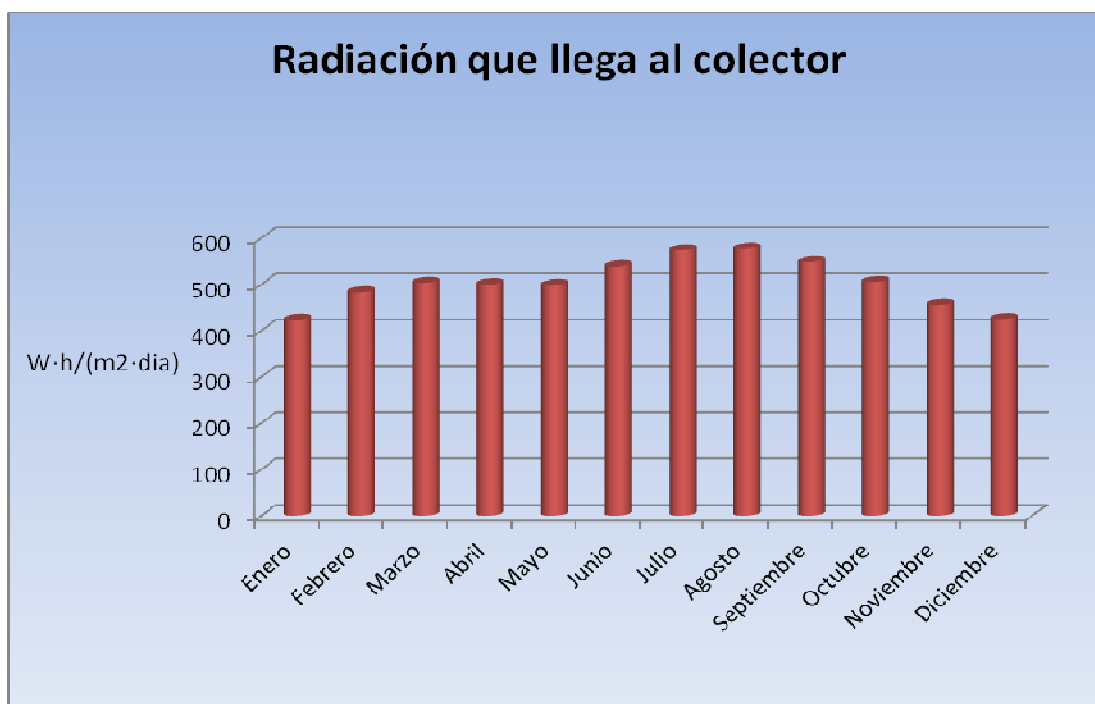


Figura 39. Radiación que llega al colector para ACS

En cuanto al gasto másico primario se va a tomar el valor recomendado por el fabricante 0,063 kg/s multiplicado por el número de colectores que se pongan, debido a que van a estar conectados todos en paralelo. Se toma que el gasto másico del circuito primario y secundario es el mismo. Por último, el gasto másico de consumo está calculado en el capítulo de la demanda de ACS.

8.3 Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa sin pérdidas.

Con el uso del programa MathCAD se va a determinar el área de captadores necesaria para la demanda de ACS.

En primer lugar se realiza un cálculo previo para poder calcular las pérdidas de la instalación. Este cálculo previo también nos servirá para comparar las distintas inclinaciones y áreas, y así poder elegir el que más nos convenga. El cálculo previo se realiza mediante la resolución en el programa MathCad de un sistema de ecuaciones del balance de energía en todos los componentes de la instalación descritos anteriormente:

- Colector solar
- Intercambiador de calor
- Tanque de acumulación

A continuación se muestra el esquema de la instalación para tener una idea global de ella:

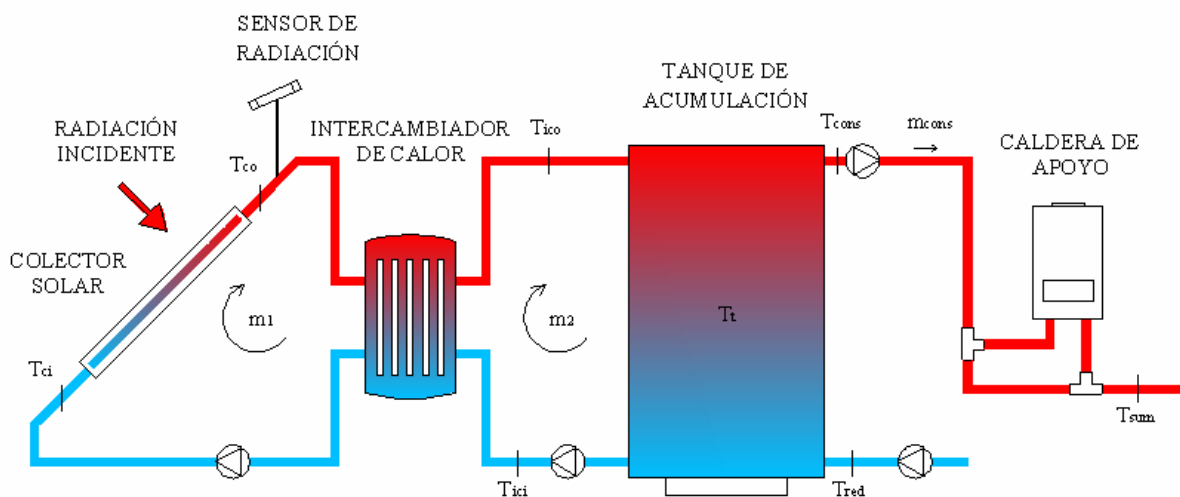


Figura 40. Esquema de la instalación para ACS

8.3.1 Sistema de ecuaciones

Se realiza la estimación con las siguientes ecuaciones:

1. Balance de energía en el colector solar

El calor útil que aporta el colector al fluido debe ser equivalente al calentamiento que en éste se produce.

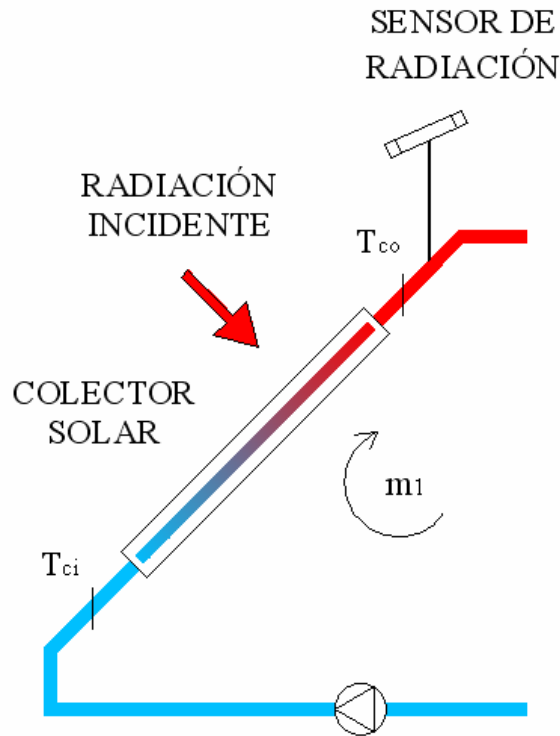


Figura 41. Esquema del balance de energía en el colector solar

Los captadores, como cualquier máquina, tienen un rendimiento, que relaciona energía recibida con energía devuelta, siempre menor que la recibida al descontar pérdidas en el proceso de transformación.

Un modelo matemático que se utiliza habitualmente es el descrito en la norma EN12975, y que describe la curva característica del rendimiento del un captador:

$$\eta(x) = \left[\eta_0 - x \cdot a_1 - a_2 \cdot (x)^2 \cdot G \right] \quad (45)$$

$$\text{siendo } x = \frac{(T_m - T_a)}{G} \quad (46)$$

La magnitud η_0 representa el rendimiento del captador cuando la diferencia entre la temperatura media del fluido (T_m) y la temperatura ambiente (T_a) sea nula, es decir, el captador se encuentre a temperatura ambiente. Este término se suele denominar rendimiento óptico del captador. Las pérdidas térmicas del captador se describen por medio de los dos coeficientes de pérdidas térmicas (a_1 y a_2). El término a_1 define una

variación lineal, mientras que a_2 denota una variación cuadrática de las pérdidas térmicas. Se trata de una aproximación al modelo físico real: cuanto mayor sean estos coeficientes, menor será el rendimiento, sobre todo a altas temperaturas.

El fabricante proporciona los valores de la curva normalizada del modelo colector solar de tubos de vacío HEAT PIPE SUNMAX 30 58/1800.

SUNMAX	6	15	20	24	30
Eficiencia óptica η_0 (*)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
a_1 W/(m ² ·K)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
a_2 W/(m ² ·K)	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Área absorción por colector (*)	0,45	1,11	1,48	1,78	2,22

(*) Basado en área de proyección

Figura 42. Características principales colector ILHC-5830

Se analiza el calor que llega a las placas y mediante las curvas normalizadas se introduce el rendimiento y las pérdidas de las placas.

$$m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{ci}) = HW_T \cdot A_{col} \cdot \left[\eta_0 - \frac{T_m - T_0}{HW_T} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{T_m - T_0}{HW_T} \right)^2 \cdot HW_T \right] \quad (47)$$

m_1 : Caudal de fluido del circuito primario (kg/s)

Cp_1 : Calor específico de fluido del circuito primario (J/kg·K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

T_0 : Temperatura ambiente media mensual (K)

T_m : Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida (K)

HW_T : Radiación media mensual en el plano inclinado del colector (W/m²)

A_{col} : Área total de captadores (m²)

η_0 : Efectividad óptica del colector

a_1 : Primer coeficiente de pérdidas en el colector (W/m²·K)

a_2 : Segundo coeficiente de pérdidas en el colector (W/m²·K)

2. Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida.

Se debe calcular la temperatura media del colector para poder introducirla en el balance de energía del colector solar ya que es como lo proporciona el fabricante.

$$T_m = \frac{T_{co} + T_{ci}}{2} \quad (48)$$

T_m : Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida (K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

3. Balance de energía en el intercambiador de calor.

Se calcula la energía que cede el circuito primario al circuito secundario.

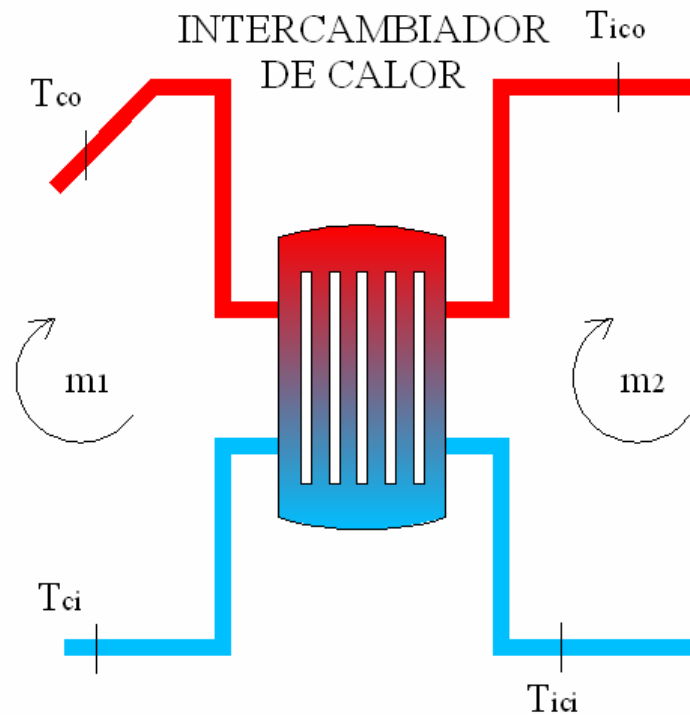


Figura 43. Esquema del balance de energía en el intercambiador de calor

$$m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{ci}) = m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici}) \quad (49)$$

m_1 : Caudal de fluido del circuito primario (kg/s)

Cp_1 : Calor específico de fluido del circuito primario (J/kg·K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

m_2 : Caudal de fluido del circuito secundario (kg/s)

Cp_2 : Calor específico de fluido del circuito secundario (J/kg·K)

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

$$m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = m_{cons} \cdot Cp_2 \cdot (T_{cons} - T_{red}) \quad (51)$$

m_2 : Caudal de fluido del circuito secundario (kg/s)

Cp_2 : Calor específico de fluido del circuito secundario (J/kg·K)

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

m_{cons} : Caudal de consumo de agua (kg/s)

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_{red} : Temperatura de entrada del tanque y temperatura de agua de red (K)

6. Temperatura media del tanque de acumulación

Se hace lo mismo que con el colector, se supone un mezclado completo y un funcionamiento estacionario, cuyo balance de energía es el siguiente.

$$m_2 \cdot Cp_2 \cdot T_{ico} + m_{cons} \cdot Cp_2 \cdot T_{red} = (m_{cons} + m_2) \cdot Cp_2 \cdot T_t \quad (52)$$

$$T_t = \frac{m_2 \cdot T_{ico} + m_{cons} \cdot T_{red}}{m_2 + m_{cons}} \quad (53)$$

T_t : Temperatura media del tanque (K)

m_2 : Caudal de fluido del circuito secundario (kg/s)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

m_{cons} : Caudal de consumo de agua (kg/s)

T_{red} : Temperatura de entrada del tanque y temperatura de agua de red (K)

7. Grado de estratificación en el tanque

La estratificación consiste en la diferencia de temperaturas y densidades de los niveles de agua en el tanque, colocándose el agua caliente arriba y el agua fría abajo. Se tomará un valor típico de 0,25. La estratificación está comprendida entre 0 y 1, siendo 0 cuando la temperatura de consumo es la temperatura media del tanque y 1 cuando la temperatura de consumo es la temperatura de entrada del fluido en el intercambiador.

$$E_t = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t} \quad (54)$$

E_t : Grado de estratificación del tanque

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_t : Temperatura media del tanque (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

8. Fracción solar

Consiste en la contribución porcentual que relaciona la energía aportada con respecto a la energía demanda por el ACS. Esta instalación, según el CTE, tiene que cumplir un mínimo del 60%.

$$f_{ACS} = \frac{T_{cons} - T_{red}}{T_{sum} - T_{red}} \quad (55)$$

f_{ACS} : Fracción de energía aportada

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_{red} : Temperatura de agua de red (K)

T_{sum} : Temperatura de suministro de ACS según CTE 60 °C (K)

Este parámetro es fundamental y en el cual se basará para elegir la inclinación y el área de colector.

Variables a obtener en el sistema de ecuaciones:

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

T_t : Temperatura media del tanque (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

T_m : Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida (K)

f_{ACS} : Fracción de energía aportada.

8.3.2 Resultados del diseño

Se toman unos valores iniciales coherentes para que el MathCAD inicie la iteración del programa.

Como ya se ha explicado en capítulos anteriores, se va a probar con varias áreas de colectores y dos inclinaciones diferentes para elegir la que mejor se adapte a las necesidades.

Inclinación ° (β)	Área (m ²)	Nº colectores	Rendimiento	f _{ACS}	f _{ACS} mensual
40,51	37,74	17	0,552	0,616	0,394
					0,507
					0,618
					0,632
					0,67
					0,774
					0,93
					1,006
					0,832
					0,658
					0,48
					0,39
50,51	37,74	17	0,555	0,612	0,417
					0,526
					0,619
					0,61
					0,629
					0,713
					0,862
					0,96
					0,821
					0,674
					0,506
					0,416
40,51	39,96	18	0,544	0,642	0,412
					0,53
					0,644
					0,659
					0,699
					0,806
					0,967
					1,043
					0,865
					0,685
					0,501
					0,409
50,51	39,96	18	0,547	0,638	0,437
					0,549
					0,645
					0,636
					0,656
					0,743
					0,897
					0,996
					0,854
					0,702
					0,528
					0,435
40,51	42,18	19	0,536	0,667	0,43
					0,552
					0,669
					0,685
					0,726
					0,837
					1,002
					1,078
					0,896
					0,712
					0,522
					0,426

50,51	42.18	19	0,529	0,663	0,456
					0,572
					0,669
					0,662
					0,682
					0,773
					0,931
					1,03
					0,885
					0,729
					0,55
					0,454
					0,448
					0,573
40,51	44.4	20	0,527	0,691	0,693
					0,71
					0,752
					0,867
					1,035
					1,112
					0,926
					0,737
					0,542
					0,444
					0,474
					0,594
					0,693
					0,686
50,51	44,4	20	0,531	0,688	0,707
					0,801
					0,963
					1,063
					0,915
					0,755
					0,571
					0,473
					0,465
					0,594
					0,716
					0,735
					0,777
					0,895
40,51	46,62	21	0,519	0,714	1,067
					1,144
					0,955
					0,761
					0,561
					0,461
					0,492
					0,615
					0,717
					0,71
					0,731
					0,829
					0,994
					1,095
50,51	46,62	21	0,523	0,711	0,943
					0,78
					0,591
					0,49

Tabla 32. Área e inclinaciones para ACS del diseño

Como se puede observar a partir de 17 colectores se cumplen las exigencias del CTE para el 60% demandado. Pero no se quiere solo cubrir la demanda que marca el CTE, se quiere dar el mayor porcentaje de demanda que se pueda satisfacer con los límites del CTE. Además, del mínimo del 60%, hay que cumplir con no dar más 110% en un mes y no dar más de 3 meses consecutivos el 100% de la demanda.

Respecto a las dos inclinaciones estudiadas, se ve claramente que lo más recomendable es colocar las placas a $40,51^\circ$ sobre la horizontal. Como era previsible, con $50,51^\circ$ se aumenta el porcentaje de demanda de los meses de invierno pero se reduce en verano, esto es bueno si queremos colocar más área de superficie de colector para satisfacer mayor demanda, ya que la normativa impide sobrepasar más del 110% de la demanda de ACS en un mes y justo en estos meses es cuando se sobrepasa. Pero a igual superficie de colector es mejor $40,51^\circ$ y como se pretende dejar espacio suficiente para la instalación de calefacción y refrigeración se ha elegido esta opción.

Para los siguientes cálculos se va a elegir una inclinación de $40,51^\circ$ y 19 colectores con un área de $42,18 \text{ m}^2$ ya que es la que más demanda de ACS satisface cumpliendo con el CTE, y se obtienen los factores de demanda mensuales reflejados en la Tabla 33.

Mes	f_{ACS}
Enero	0,43
Febrero	0,552
Marzo	0,669
Abril	0,685
Mayo	0,726
Junio	0,837
Julio	1,002
Agosto	1,078
Septiembre	0,896
Octubre	0,712
Noviembre	0,522
Diciembre	0,426

Tabla 33. Factores para ACS del diseño

8.4 Cálculos de las pérdidas de calor de la instalación

A continuación se deberán calcular las pérdidas de calor de la instalación, y dado que no hace falta calcular las pérdidas del colector ya que el fabricante ya la da en la curva de normalización, se van a calcular las pérdidas más importantes, las cuales se dan en las tuberías que conectan el colector con el intercambiador de calor al encontrarse estas tuberías a la intemperie.

También se calcularán las pérdidas de calor del tanque de acumulación de agua caliente, ya que sufre grandes pérdidas al tener acumulada agua a bastante mayor temperatura que la temperatura de la sala donde se encuentra.

8.4.1 Cálculo de las pérdidas de calor en los conductos

Se van a calcular las pérdidas de los conductos que transcurren por el exterior, separando las pérdidas de las tuberías de ida a los colectores y a la vuelta, ya que tienen temperaturas muy diferentes.

8.4.1.1 Resistencias térmicas en los conductos que transcurren por el exterior

El aislante de los conductos debe cumplir con el grosor definido en el RITE, donde se diferencian los casos en los que las tuberías discurren por el exterior o por el interior.

Diámetro exterior (mm)	Temperatura máxima del fluido (°C)		
	40...60	> 60...100	> 100...180
$D \leq 35$	35	35	40
$35 < D \leq 60$	40	40	50
$60 < D \leq 90$	40	40	50
$90 < D \leq 140$	40	50	60
$140 < D$	45	50	60

Tabla 34. Espesores mínimos de aislamiento de tuberías en función del diámetro de tubería y temperatura del fluido [4]

Los diámetros según los fabricantes son:

$$D_{intTubo}: 0,034 \text{ m.}$$

$$D_{extTubo}: 0,035 \text{ m.}$$

Como se puede observar en la Tabla 34, se debe elegir un espesor de 40 mm. para el aislante.

$$D_{aislamiento}: 0,4 + 0,4 + 0,35 = 0,115 \text{ m.} \quad (56)$$

Estos valores están normalizados de acuerdo a los tamaños de tubería de cobre que existen en el mercado. Para esta instalación, se utilizarán unas tuberías de cobre duro.

A continuación se calcularán las resistencias térmicas:

1. Convección interna

Se calculará el coeficiente de convección del fluido en las tuberías con las siguientes fórmulas:

$$Re_{fluido} = \frac{\rho_{fluido} \cdot u_{fluido} \cdot D_{intTubo}}{\mu_{fluido}} = 2,022 \cdot 10^4 \quad (57)$$

$$Nu_{tuberías} = 0,023 \cdot Re_{fluido}^{0,8} \cdot Pr_{fluido}^{0,4} = 201,289 \quad (58)$$

Dado que es lo más habitual en un funcionamiento normal, se va a utilizar este Nu , con el $Re > 10.000$, $L/D > 10$ y $0,6 < Pr < 160$ utilizando ese Nu con $n = 0,4$ $T_s > T_m$ obtenido de los apuntes de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Carlos III de Madrid [27].

$$h_{Fluido_tuberías} = K_{fluido} \cdot \frac{Nu_{tuberías}}{D_{intTubo}} = 2,694 \cdot 10^3 \cdot \frac{W}{m^2 \cdot K} \quad (59)$$

La longitud de tubería exterior es de 166,53 m., la mitad de ida y la mitad de vuelta, por lo que el área de intercambio será:

$$A_{tuboCobreInt} = \pi \cdot D_{intTubo} \cdot L_{tuboExtFachada} = 8,894 m^2 \quad (60)$$

$$R_{convIntFluidoE} = \frac{1}{h_{fluidoTuberías} \cdot A_{tuboCobreInt}} = 4,174 \cdot 10^{-5} \frac{K}{W} \quad (61)$$

2. Conducción a través del cobre

Calcularemos la resistencia de la conducción a través del cobre a través de la siguiente fórmula:

$$R_{condCobreE} = \frac{\ln\left(\frac{D_{extTubo}}{D_{intTubo}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K_{cobre} \cdot L_{tuboExtFachada}} = 1,489 \cdot 10^{-7} \frac{K}{W} \quad (62)$$

3. Conducción a través del aislante

Se usará como aislante fibra de vidrio de 40 mm. de espesor, siendo su conducción térmica 0,026 W/m·K.

$$R_{condAislante} = \frac{\ln\left(\frac{D_{aislante}}{D_{extTubo}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K_{aislante} \cdot L_{tuboExtFachada}} = 0,087 \frac{K}{W} \quad (63)$$

4. Convección externa

Se deberá calcular el coeficiente de convección del aire con las siguientes fórmulas:

$$Re_{convExtTub} = \frac{\rho_{fluido} \cdot u_{aire} \cdot D_{aislante}}{\mu_{fluido}} \quad (64)$$

$$Nu_{ext} = 0,193 Re_{convExtTub}^{0,618} \cdot Pr_{aire}^{0,333} \quad (65)$$

Se toma este Nu ya que es un cilindro en flujo externo cruzado con el $4000 < Re < 40000$ obtenido de los apuntes de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Calos III de Madrid [27].

$$h_{aireExt} = K_{aire} \cdot \frac{Nu_{ext}}{D_{aislante}} \quad (66)$$

Por lo que el aire de intercambio es:

$$A_{tuboAisExt} = \pi \cdot D_{aislante} \cdot L_{tuboExtFachada} = 30,082 m^2 \quad (67)$$

$$R_{convFluido E} = \frac{1}{h_{aireExt} \cdot A_{tuboAisExt}} \quad (68)$$

Los valores de esta resistencia de convección exterior debida al aire, al ser independientes de cada mes, oscilan entre $2,299 \cdot 10^{-3}$ K/W y $1,514 \cdot 10^{-3}$ K/W.

8.4.1.2 Pérdidas de calor en los conductos

1. Pérdidas de calor en la zona exterior de los conductos de ida

La resistencia total en esta zona es:

$$R_{conductosE} = R_{convIntFluidoE} + R_{condCobreE} + R_{condAisE} + R_{convFluidoE} \quad (69)$$

Para el cálculo de las pérdidas se utilizará la siguiente fórmula para cada mes del año:

$$Q_{perdidas_conductosDA} = \frac{T_{ci} - T_{amb}}{R_{conductosE}} \quad (70)$$

2. Pérdidas de calor en la zona exterior de los conductos de vuelta

La resistencia total en esta zona es de nuevo:

$$R_{conductosE} = R_{convIntFluidoE} + R_{condCobreE} + R_{condAisE} + R_{convFluidoE} \quad (71)$$

Para el cálculo de las pérdidas se utilizará la siguiente fórmula para cada mes del año:

$$Q_{\text{perdidas_conductosVUELTA}} = \frac{T_{co} - T_{amb}}{R_{\text{conductosE}}} \quad (72)$$

Como resultado del cálculo de las pérdidas en los conductos entre el intercambiador de calor del circuito primario y los colectores es el que se puede observar en la Tabla 35:

Mes	$Q_{\text{perdidas_conductosIDA}}$ (W)	$Q_{\text{perdidas_conductosVUELTA}}$ (W)
Enero	265,338	290,117
Febrero	333,801	360,994
Marzo	390,273	417,427
Abril	368,882	396,464
Mayo	372,007	399,182
Junio	369,973	399,993
Julio	416,396	447,557
Agosto	453,617	483,616
Septiembre	413,986	443,278
Octubre	388,398	415,486
Noviembre	336,945	362,067
Diciembre	281,968	306,587

Tabla 35. Pérdidas en los conductos entre el intercambiador de calor del circuito primario y los colectores

8.4.2 Cálculo de las pérdidas en el tanque de almacenamiento

Para calcular los volúmenes máximo y mínimo del tanque utilizado, se tendrá que calcular según el CTE, donde deben cumplir las siguientes relaciones con respecto al área de los captadores:

Volumen mínimo de tanque:

$$V_{\text{mín}} = 50 \cdot A_{\text{captadores}} = 2109 \text{ litros} \quad (73)$$

Volumen máximo de tanque:

$$V_{\text{máx}} = 180 \cdot A_{\text{captadores}} = 6926 \text{ litros} \quad (74)$$

Para esta instalación se va a elegir el modelo IMVV 2500 RB de Salvador Escoda para cumplir con la normativa vigente. Todos los componentes irán en un anexo al final de la memoria.

8.4.2.1 Resistencias térmicas del tanque de almacenamiento

1. Resistencia de conducción a través del aislante

Se calculará con la siguiente fórmula:

$$R_{condAisACU} = \frac{\ln\left(\frac{D_{aisExtACU}}{D_{aisIntACU}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K_{aisACU} \cdot H_{ACU}} = 0,286 \frac{K}{W} \quad (75)$$

donde:

$D_{aisExtACU}$: Diámetro exterior del aislante 1,66 m.

$D_{aisIntACU}$: Diámetro interior del aislante 1,5 m.

K_{aisACU} : Conductividad térmica del aislante del tanque 0,028 W/m·K

H_{ACU} : Altura acumulador 2,015 m.

2. Resistencia de conducción a través del acero

Se calculará con la siguiente fórmula:

$$R_{condAceroACU} = \frac{\ln\left(\frac{D_{aisExtACU}}{D_{aisIntACU}}\right)}{2 \cdot \pi \cdot K_{aceroACU} \cdot H_{ACU}} = 9,386 \cdot 10^{-6} \frac{K}{W} \quad (76)$$

donde:

$D_{aceroIntACU}$: Diámetro interior del acero 1,492 m.

$D_{aisIntACU}$: Diámetro interior del aislante 1,5 m.

$K_{aceroACU}$: Conductividad térmica del acero del tanque 45W/m·K

H_{ACU} : Altura acumulador 2,015 m.

3. Resistencia de convección del aire exterior

Se calculará el valor de Nusselt mediante la relación de Churchill y Cho para convección natural vertical:

$$R_{convACU} = \frac{1}{h_{aireACU} \cdot D_{aisExtACU} \cdot H_{ACU} \cdot \pi} \quad (77)$$

donde:

$h_{aireACU}$: coeficiente convectivo del aire que rodea al tanque (W/K·m²)

$D_{aisExtACU}$: Diámetro exterior del aislante 1,66 m.

H_{ACU} : Altura acumulador 2,015 m.

4. Resistencia de convección en el interior del tanque

Se va a calcular la convección en el interior del tanque por medio del Nu de las correlaciones empíricas de recinto cerrado para superficies rectangulares de orientación baja con $2 < H/L < 10$, $Pr < 10^5$ y $10^3 < Ra < 10^{10}$ obtenido de los apuntes de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la Universidad Calos III de Madrid [27].

$$Ra = \frac{g \cdot \beta \cdot (T_s - T_{amb}) \cdot l_c^3}{\nu \cdot \alpha} \quad (78)$$

Siendo:

β : es la inversa de T_s

T_s : es la temperatura del fluido

l_c : es longitud característica

ν : es la viscosidad del agua

$$\alpha = \frac{k_{agua}}{\rho_{agua} \cdot Cp_{agua}} \quad (79)$$

$$Nu_{agua} = \left[0,22 \cdot \left(Ra \cdot \frac{Pr_{agua}}{0,2 + Pr_{agua}} \right)^{0,28} \cdot \left(\frac{H_{tanque}}{D_{interiorTanque}} \right)^{-0,25} \right] \quad (80)$$

$$h_{agua} = K_{agua} \cdot \frac{Nu_{agua}}{D_{interioTanque}} \quad (81)$$

$$A_{tuboAisExt} = \frac{\pi \cdot D_{interuirTanque}^2}{4} = 1,748 n^2 \quad (82)$$

$$R_{conveccioTanque} = \frac{1}{h_{agua} \cdot A_{tuboAisExt}} \quad (83)$$

8.4.2.2 Pérdidas en el tanque de almacenamiento

En esta instalación se dispone de una sala de máquinas para la instalación del tanque de acumulación, con lo que la temperatura de la sala será la media entre la temperatura del local y la temperatura ambiente:

Mes	Temperatura sala de máquinas (°C)
Enero	14,55
Febrero	15,05
Marzo	16,1
Abril	17,8
Mayo	19,7
Junio	22,6
Julio	24,5
Agosto	24,55
Septiembre	21,95
Octubre	17,45
Noviembre	14,55
Diciembre	13,7

Tabla 36. Temperatura sala de máquinas meses

Para el cálculo de las pérdidas se utilizará la siguiente fórmula para cada mes del año:

$$Q_{\text{perdidasACU}} = \frac{T_t - T_{\text{sala}}}{R_{\text{condAisACU}} + R_{\text{condAceroACU}} + R_{\text{convACU}}} \quad (84)$$

Donde:

T_t : Temperatura del tanque para cada mes (K).

T_{sala} : Temperatura de la sala de máquinas para cada mes (K).

$R_{\text{condAisACU}}$: resistencia térmica de conducción del aislante (K/W).

$R_{\text{condAceroACU}}$: resistencia térmica de conducción del acero (K/W).

R_{convACU} : resistencia térmica de convección del aire alrededor del tanque (K/W).

Obteniendo los siguientes resultados:

Mes	Q _{tanque} almacenamiento (W)
Enero	22,971
Febrero	33,327
Marzo	43,933
Abril	43,504
Mayo	43,498
Junio	47,317
Julio	57,407
Agosto	62,804
Septiembre	52,797
Octubre	45,34
Noviembre	33,384
Diciembre	24,121

Tabla 37. Pérdidas en el tanque de almacenamiento de ACS por meses

8.5 Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa con pérdidas.

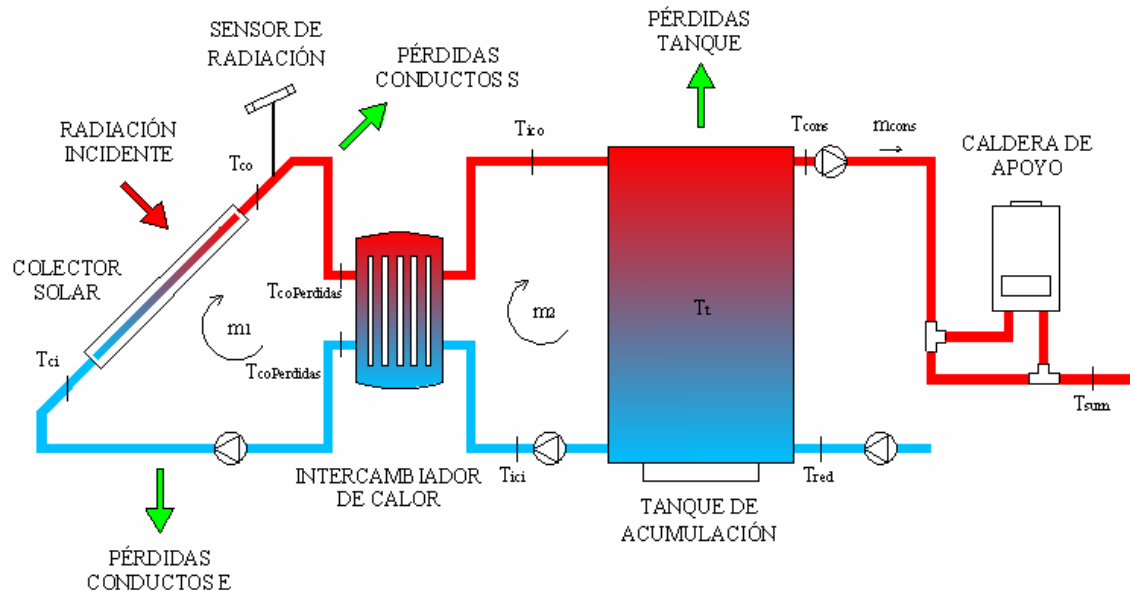


Figura 45. Esquema de la instalación para ACS con pérdidas

8.5.1 Sistema de ecuaciones

Ahora el sistema de ecuaciones se modifica, habiendo que añadir dos ecuaciones más y cambiar varias de ellas.

1. Balance de energía en el colector solar

Como antes, el calor útil que aporta el colector al fluido debe ser equivalente al calentamiento que en éste se produce.

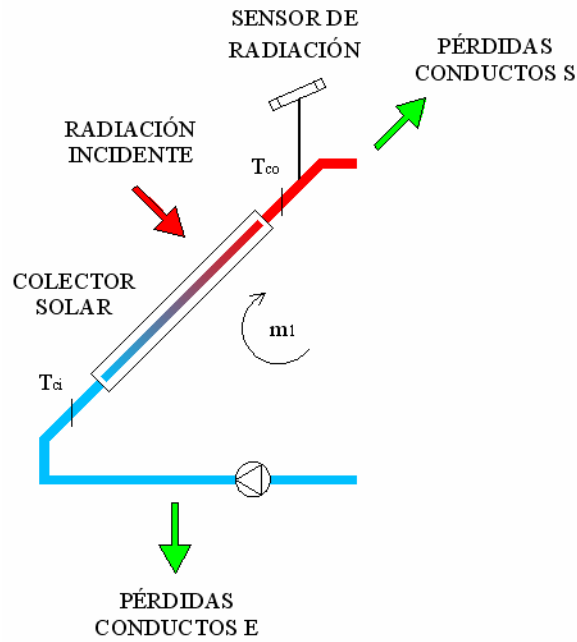


Figura 46. Esquema del balance de energía en el colector solar con pérdidas

$$m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{ci}) = HW_T \cdot A_{col} \cdot \left[a_0 - \frac{T_m - T_0}{HW_T} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{T_m - T_0}{HW_T} \right)^2 \cdot HW_T \right] \quad (85)$$

m_1 : Caudal de fluido del circuito primario (kg/s)

Cp_1 : Calor específico de fluido del circuito primario (J/kg·K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

T_0 : Temperatura ambiente media mensual (K)

T_m : Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida (K)

HW_T : Radiación media mensual en el plano inclinado del colector (W/m²)

A_{col} : Área total de captadores (m²)

a_0 : Rendimiento nominal del colector.

a_1 : Primer coeficiente de pérdidas en el colector (W/m²·K)

a_2 : Segundo coeficiente de pérdidas en el colector (W/m²·K)

2. Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida.

Se debe calcular la temperatura media del colector para poder introducirla en el balance de energía del colector solar ya que es como lo proporciona el fabricante.

$$T_m = \frac{T_{co} + T_{ci}}{2} \quad (86)$$

T_m : Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida (K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

3. Balance de energía en el intercambiador de calor.

Se calcula la energía que cede el circuito primario al circuito secundario.

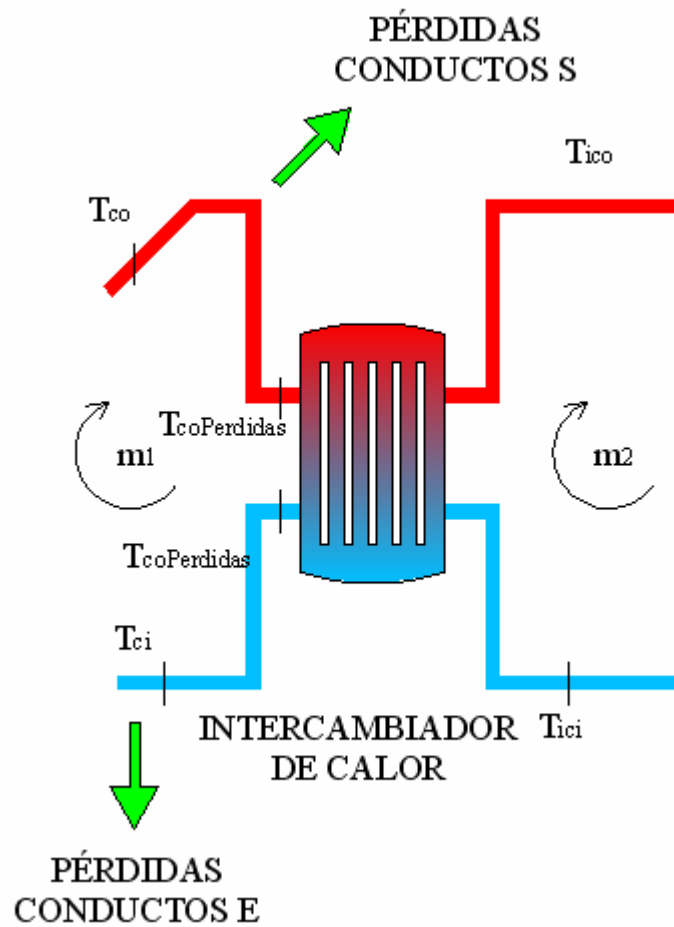


Figura 47. Esquema del balance de energía en el intercambiador con pérdidas

$$m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{coPerdidas} - T_{ciPerdidas}) = m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici}) \quad (87)$$

m_1 : Caudal de fluido del circuito primario (kg/s)

Cp_1 : Calor específico de fluido del circuito primario (J/kg·K)

$T_{ciPerdidas}$: Temperatura de salida del circuito primario en el intercambiador (K)

$T_{coPerdidas}$: Temperatura de entrada del circuito primario en el intercambiador (K)

m_2 : Caudal de fluido del circuito secundario (kg/s)

Cp_2 : Calor específico de fluido del circuito secundario (J/kg·K)

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido del circuito secundario en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido del circuito secundario en el intercambiador (K)

4. Eficiencia en el intercambiador de calor.

La eficiencia mide la transferencia de calor real del intercambiador de calor frente al caso ideal. Para esta instalación se ha fijado un valor típico de 0,5.

$$\varepsilon_{ic} = \frac{m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})}{C_{\min} \cdot (T_{coPerdidas} - T_{ici})} \quad (88)$$

ε_{ic} : Eficiencia del intercambiador.

C_{\min} : Valor mínimo del producto ($m_1 \cdot Cp_1$ y $m_2 \cdot Cp_2$)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

$T_{coPerdidas}$: Temperatura de entrada del circuito primario en el intercambiador (K)

m_2 : Caudal de fluido del circuito secundario (kg/s)

Cp_2 : Calor específico de fluido del circuito secundario (J/kg·K)

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

5. Balance en el tanque de acumulación

Se va a suponer que el funcionamiento del tanque de acumulación es estacionario, aunque no es así.

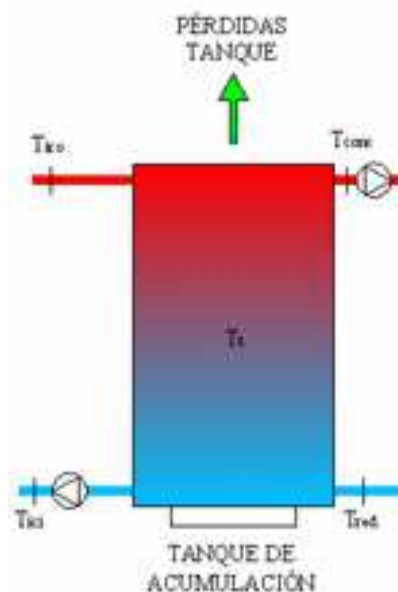


Figura 48. Esquema del balance de energía en el tanque de almacenamiento con pérdidas

$$m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici}) = m_{cons} \cdot Cp_2 \cdot (T_{cons} - T_{red}) + Q_{perdidasTanque} \quad (89)$$

m_2 : Caudal de fluido del circuito secundario (kg/s)

Cp_2 : Calor específico de fluido del circuito secundario (J/kg·K)

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

m_{cons} : Caudal de consumo de agua (kg/s)

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_{red} : Temperatura de entrada del tanque y temperatura de agua de red (K)

$Q_{perdidasTanque}$: Pérdidas en el tanque de acumulación (W)

6. Temperatura media del tanque de acumulación

Se realiza lo mismo que con el colector, suponiendo un mezclado completo y un funcionamiento estacionario, cuyo balance de energía es el siguiente.

$$m_2 \cdot Cp_2 \cdot T_{ico} + m_{cons} \cdot Cp_2 \cdot T_{red} = (m_{cons} + m_2) \cdot Cp_2 \cdot T_t \quad (90)$$

$$T_t = \frac{m_2 \cdot T_{ico} + m_{cons} \cdot T_{red}}{m_2 + m_{cons}} \quad (91)$$

T_t : Temperatura media del tanque (K)

m_2 : Caudal de fluido del circuito secundario (kg/s)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

m_{cons} : Caudal de consumo de agua (kg/s)

T_{red} : Temperatura de entrada del tanque y temperatura de agua de red (K)

7. Grado de estratificación en el tanque

La estratificación consiste en la diferencia de temperaturas y densidades de los niveles de agua en el tanque, colocándose el agua caliente arriba y el agua fría abajo. Se tomará un valor típico de 0,25. La estratificación está comprendida entre 0 y 1, siendo 0 cuando la temperatura de consumo es la temperatura media del tanque y 1 cuando la temperatura de consumo es la temperatura de entrada del fluido en el intercambiador.

$$E_t = \frac{T_{cons} - T_t}{T_{ico} - T_t} \quad (92)$$

E_t : Grado de estratificación del tanque.

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_t : Temperatura media del tanque (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

8. Fracción solar

Consiste en la contribución porcentual que relaciona la energía aportada con respecto a la energía demanda por el ACS. Para esta instalación, según el CTE, tiene que cumplir un mínimo del 60%.

$$f_{ACS} = \frac{T_{cons} - T_{red}}{T_{sum} - T_{red}} \quad (93)$$

f_{ACS} : Fracción de energía aportada.

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_{red} : Temperatura de agua de red (K)

T_{sum} : Temperatura de suministro de ACS según CTE 60°C (K)

Este parámetro es fundamental y en el cual se basa para elegir la inclinación y el área de colector a elegir.

9. Pérdidas en los conductos de entrada al colector

Al estar situado los conductos en el exterior y estar a gran temperaturas sufrirán grandes pérdidas.

$$m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{ciPerdidas} - T_{ci}) = Q_{perdidasConductoEntrada} \quad (94)$$

m_1 : Caudal de fluido del circuito primario (kg/s)

Cp_1 : Calor específico de fluido del circuito primario (J/kg·K)

$T_{ciPerdidas}$: Temperatura de salida del circuito primario en el intercambiador (K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

$Q_{perdidasConductoEntrada}$: Pérdidas en los conductos de entrada al colector (W)

10. Pérdidas en los conductos de salida al colector

También se producen pérdidas en la salida del colector.

$$m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{coPerdidas}) = Q_{perdidasConductoSalida} \quad (95)$$

m_1 : Caudal de fluido del circuito primario (kg/s)

Cp_1 : Calor específico de fluido del circuito primario (J/kg·K)

$T_{coPerdidas}$: Temperatura de entrada del circuito primario en el intercambiador (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

$Q_{perdidasConductoSalida}$: Pérdidas en los conductos de salida al colector (W)

Variables a obtener en el sistema de ecuaciones:

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

T_t : Temperatura media del tanque (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

T_m : Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida (K)

f_{ACS} : Fracción de energía aportada.

$T_{ciPerdidas}$: Temperatura de salida del circuito primario en el intercambiador (K)

$T_{coPerdidas}$: Temperatura de entrada del circuito primario en el intercambiador (K)

8.5.2 Resultados del diseño con pérdidas

Una vez calculadas la pérdidas, se puede comenzar a iterar para resolver el sistema de ecuaciones. Se ha elegido para el cálculo la inclinación de 40,51° y un área de colector de 42,18 m². Debido a las pérdidas tan grandes que hay en la instalación, para obtener de nuevo un factor de demanda máximo cumpliendo el CTE, hay que aumentar el área de colector a 46,62 m². Volvemos a calcular las pérdidas iterando dos veces hasta llegar a los valores de la Tabla 38.

Mes	$Q_{perdidas_conductosIDA}$ (W)	$Q_{perdidas_conductosVUELTA}$ (W)	$Q_{tanque\ almacenamiento}$ (W)
Enero	286,422	312,12	24,476
Febrero	357,63	385,843	34,839
Marzo	414,34	442,57	45,193
Abril	393,375	422,016	44,945
Mayo	396,459	424,664	44,9
Junio	397,417	428,508	49,157
Julio	445,101	477,395	59,183
Agosto	481,248	512,41	64,204
Septiembre	440,842	471,252	54,306
Octubre	412,629	440,779	46,614
Noviembre	358,756	384,871	34,595
Diciembre	302,894	328,331	25,497

Tabla 38. Pérdidas en los conductos y en el tanque en la instalación de ACS

La pérdida del conducto de ida se refiere a la salida del intercambiador a la entrada del colector. La pérdida del conducto de vuelta se refiere a la salida del colector a la entrada del intercambiador.

En la Tabla 39 se muestran todas las temperaturas por meses y el factor de demanda dado.

Mes	T _{ci} (°C)	T _{co} (°C)	T _m (°C)	T _{ciPerdidas} (°C)	T _{coPerdidas} (°C)	T _{ici} (°C)	T _{ico} (°C)	T _t (°C)	T _{cons} (°C)	f _{ACS}
En	31,743	33,951	32,847	31,8	33,889	29,71	31,635	29,752	30,223	0,446
Feb	38,863	41,289	40,076	38,933	41,213	36,654	38,753	36,696	37,21	0,567
Mar	45,528	47,932	46,73	45,606	47,844	43,368	45,429	43,406	43,912	0,682
Ab	47,11	49,55	48,33	47,187	49,467	44,908	47,008	44,948	45,463	0,7
My	49,325	51,74	50,533	49,403	51,657	47,15	49,225	47,188	47,697	0,741
Jn	55,274	57,942	56,608	55,352	57,858	52,847	55,155	52,888	53,455	0,858
Jl	63,008	65,769	64,388	63,096	65,675	60,517	62,892	60,557	61,141	1,022
Ag	66,295	68,967	67,631	66,39	68,866	63,914	66,194	63,95	64,511	1,093
Sep	57,683	60,292	58,988	57,77	60,199	55,341	57,578	55,378	55,928	0,912
Oct	48,279	50,694	49,486	48,36	50,607	46,114	48,183	46,152	46,66	0,725
Nov	37,903	40,143	39,023	37,974	40,067	35,88	37,808	35,919	36,392	0,534
Dic	31,413	33,594	32,503	31,472	33,529	29,415	31,31	29,457	29,92	0,44

Tabla 39. Resultados de la instalación de ACS con pérdidas

Analizando los resultados se ve que son coherentes, ya que las pérdidas hacen bajar la temperatura y no hay ningún resultado desproporcionado.

Como se puede observar se cumple con el CTE ya que no se supera el 110% en ningún mes y tampoco durante 3 meses consecutivos se da el 100% de la demanda.

En cuanto al factor anual, se obtiene un 68,2% cumpliendo también el CTE ya que el valor mínimo es del 60% para esta instalación.

El factor anual se calcula con la siguiente fórmula:

$$f_{anual} = \frac{\sum_{i=1}^{12} m_i \cdot Cp_i \cdot (T_{co} - T_{ci}) - \sum_{i=1}^{12} Q_{perdidas}}{\sum_{i=1}^{12} m_{cons} \cdot Cp_{cons} \cdot (T_{sum} - T_{red})} \quad (96)$$

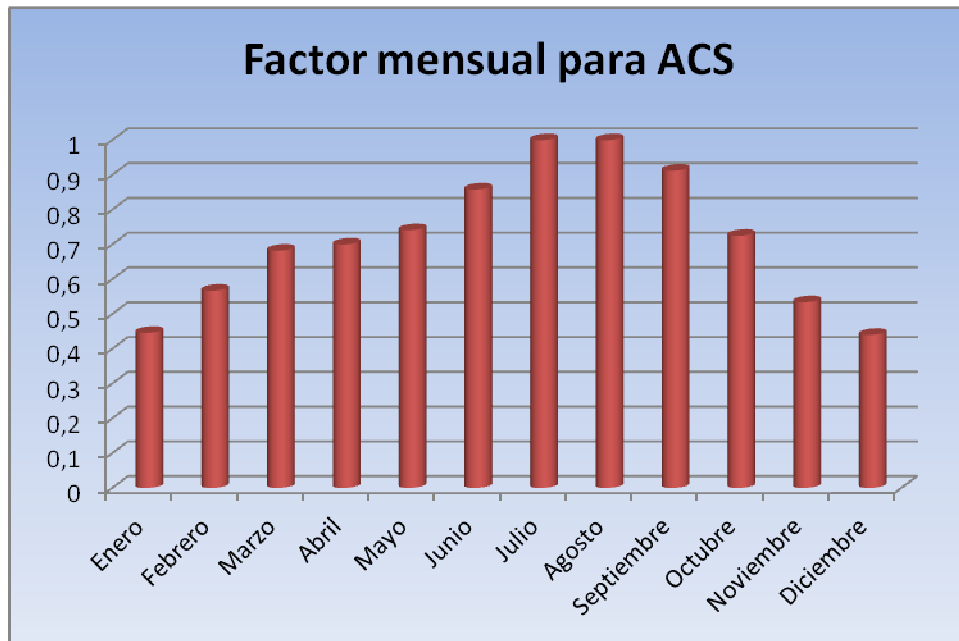


Figura 49. Factores para ACS con pérdidas

Para comprobar que el sistema de ecuaciones se ha implementado correctamente se ha resultado la ecuación 97. Para ello vamos a calcular el balance de energía de la instalación completa de ACS. Si el sistema de ecuaciones está bien, la ecuación 97 debería dar 0.

$$E_{entrada} - E_{salida} = m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{ci}) - m_{cons} \cdot Cp_2 \cdot (T_{cons} - T_{red}) + Q_{perdidas} \quad (97)$$

Mes	Energía sin utilizar (W)
Enero	$-2 \cdot 10^{-11}$
Febrero	$-1,42 \cdot 10^{-10}$
Marzo	$1 \cdot 10^{-10}$
Abril	$6 \cdot 10^{-11}$
Mayo	$-8,7 \cdot 10^{-11}$
Junio	$-6,5 \cdot 10^{-11}$
Julio	$-5,8 \cdot 10^{-11}$
Agosto	$5,3 \cdot 10^{-11}$
Septiembre	$-8,5 \cdot 10^{-11}$
Octubre	$6,7 \cdot 10^{-11}$
Noviembre	$-9,1 \cdot 10^{-11}$
Diciembre	$-1,2 \cdot 10^{-10}$

Tabla 40. Comprobación de resultados la instalación de ACS con pérdidas

Se puede observar en la comprobación de resultados que es prácticamente 0 en todos los casos, por lo que se puede concluir que el sistema de ecuaciones está correctamente resuelto y se aprovechan toda la energía que llegan.

8.6 Cálculo del resto de componentes de la instalación de ACS

8.6.1 Circuito primario

Se dimensionarán los distintos componentes de la instalación en función de los resultados obtenidos en el apartado anterior.

8.6.1.1 Intercambiador de calor

Según el CTE y el IDEA, donde se estima una potencia mínima a intercambiar, basada en las horas centrales del día, y con una relación de 1000 W/m^2 y un rendimiento en la conversión de la energía solar en calor útil del 50%, se puede calcular la potencia mínima del intercambiador del circuito primario con la siguiente fórmula:

$$P_{\text{mínIntercambiador}} = 0,5 \cdot A \cdot 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 0,5 \cdot 46,62 \text{ m}^2 \cdot 1000 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 23,31 \text{ kW} \quad (98)$$

Con la fórmula 99 se calcula de la potencia intercambiada para la instalación:

$$Q = m_1 \cdot C_{p1} \cdot (T_{\text{co_perdida}} - T_{\text{ici}}) \quad (99)$$

Obteniendo los resultados de la Tabla 41.

Mes	Q intercambiador de calor (kW)
Enero	21,173
Febrero	23,099
Marzo	22,678
Abril	23,099
Mayo	22,835
Junio	25,389
Julio	26,134
Agosto	25,09
Septiembre	24,614
Octubre	22,764
Noviembre	21,214
Diciembre	20,844

Tabla 41. Potencia del intercambiador de calor por meses para ACS

Para esta instalación se podría utilizar un intercambiador de 27 kW. Pero según las especificaciones de la marca SUICALSA, hay que tener en cuenta el caudal que circula por el circuito primario y secundario. La instalación tiene un caudal primario y secundario de 4668 L/hr. Con los datos de la potencia y el caudal se puede elegir un intercambiador. Según el fabricante un intercambiador de 115 kW con un caudal en el primario de 5097 L/hr y para el secundario 5868 L/hr con 19 placas valdría para la instalación. Como ya se mencionó anteriormente, al final de la memoria estarán las fichas técnicas de todos los componentes.

8.6.1.2 Bomba

Se calcularán las pérdidas de carga de todos los elementos que componen dicho circuito.

- **Pérdidas de carga en los colectores**

El fabricante del colector suministra unos datos de pérdida de carga de los colectores. Especifica que es menor de 20kPa, para el cálculo tomaremos ese dato para estar en el caso más desfavorable.

$$\Delta P_{colectores} = \Delta P_{colector} = 20 \cdot 10^3 \text{ Pa} \quad (100)$$

- **Pérdidas de carga en las tuberías**

Para esta instalación se van a utilizar unas tuberías de cobre de 34 mm. de diámetro interior y cuya longitud total es de 174,27 m.

Con la densidad de 1015 kg/m³, del fluido compuesto por propilenglicol (al 35%) y agua, se puede calcular el área transversal de las tuberías del circuito:

$$A_{transversal} = \frac{\pi \cdot (D_{int \text{ erno_tubería}})^2}{4} \quad (101)$$

Para el cálculo del número de Reynolds se utilizará la siguiente fórmula, con los siguientes datos:

$$u_{fluido} = \frac{m_1}{\rho_{fluido} \cdot A_{transversal}} = 1,428 \frac{m}{s} \quad (102)$$

$$Q_{tubería} = u_{fluido} \cdot A_{transversal} = 7,11310^{-4} \frac{m^3}{s} \quad (103)$$

$$\mu_{fluido} = 7,493 \frac{kg}{m \cdot h}$$

$$Re_{fluido} = \frac{\rho_{fluido} \cdot u_{fluido} \cdot D_{interno_tuberia}}{\mu_{fluido}} \quad (104)$$

$$Re_{fluido} = 2,368 \cdot 10^4$$

Se van a utilizar tuberías de cobre con una rugosidad de $\varepsilon=0,015$ mm.

Si el cociente $\frac{\varepsilon_{tuberia_cobre}}{D_{interno_tuberia}} = 4,412 \cdot 10^{-4}$ (105) se introduce en el diagrama de

Moody junto con los valores de Reynolds del fluido por las tuberías, se obtiene un factor de fricción en las tuberías de 0,028. El diagrama se ha obtenido de los apuntes de Mecánica de Fluidos de la UC3M. [28]

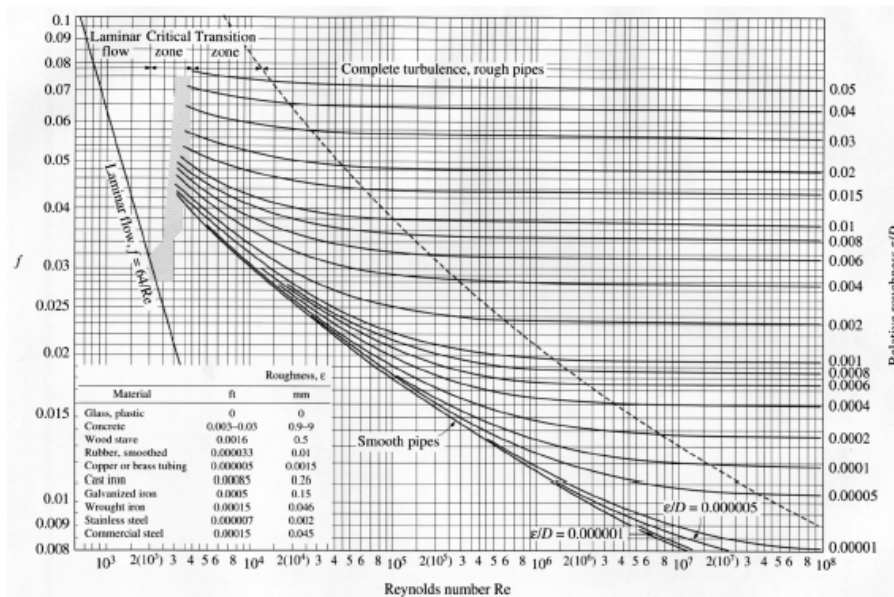


Figura 50. Diagrama de Moody para tuberías de sección circular

Por lo tanto, la pérdida de carga en las tuberías del circuito primario es:

$$\Delta P_{tuberia_circuito} = f \cdot \frac{L_{tuberia_cubierta} \cdot Q_{tuberia}^2 \cdot \rho_{fluido}}{2 \cdot D_{interno_tuberia} \cdot A_{transversa}^2} \quad (106)$$

$$\Delta P_{tuberia_circuito} = 1,48510^5 Pa$$

• Pérdidas de carga en las piezas de conexión

Se producirán pérdidas de carga en codos, uniones en T, válvulas, etc., por lo que se contabilizarán de acuerdo a un parámetro K tal y como se indica en los Apuntes de Mecánica de Fluidos de la UC3M [28].

La fórmula general para describir estas pérdidas es:

$$\Delta P_{conexiones} = \sum_{i=1}^n N_i \cdot K_i \cdot \frac{v_1^2 \cdot \rho_1}{2} \quad (107)$$

donde:

N_i : número de singularidades de cada tipo.

K_i : coeficiente de pérdidas, reflejados en la siguiente tabla:

	$K_{entrada}$ conducto	K_{salida} conducto	$K_{codo_90^\circ}$	$K_{válvula}$ seguridad	$K_{válvula}$ antirretorno	K_{tes}
Coef. pérdidas K	0,8	1,0	0,3	1,5	2,1	0,9

Tabla 42. Coeficientes de pérdidas K para cada tipo de singularidad de la instalación

La pérdida de carga total obtenida en las distintas conexiones de esta instalación es de:

$$\Delta P_{conexiones1} = 4,564 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

- Pérdida de carga en el intercambiador**

Existe una caída de presión en el intercambiador, y se va a calcular mediante las tablas que facilita el fabricante. Como se ha comentado en el intercambiador, la pérdida de carga está relacionada con el caudal que circula con él. Para 5097 L/hr la pérdida de carga es de 1,57 m.c.a.

$$\Delta P_{intercambiador1} = 1,57 \cdot m.c.a = 1,54 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad (108)$$

- Potencia de la bomba**

Las pérdidas totales de carga en el circuito primario se calcularán mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta P_{perdida} = \Delta P_{colectores} + \Delta P_{tubería_circuito} + \Delta P_{conexiones} + \Delta P_{intercambiador1} = 7,489 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad (109)$$

Considerando un rendimiento para la bomba del circuito primario del 60%, la potencia total a bombear en el circuito primario será de:

$$W_{bomba1} = \frac{m_1 \cdot \Delta P_{perdida}}{\rho_{fluido} \cdot \eta_{bomba1}} = 496,083 \text{ W} \quad (110)$$

Según la norma del CTE, donde indica que para superficies mayores de 50 m² de colector se deben instalar dos bombas en paralelo, una de ellas de reserva en caso de que se produzca un fallo en la bomba principal, se tendrá en cuenta si hace falta en el estudio económico.

Para esta instalación se elige la bomba de la marca WILO, modelo VerLine IPL 40/120 – 1,5/2 capaces de asumir la potencia y el caudal de 4,668 m³/h.

8.6.1.3 Vaso de expansión

Es necesaria la utilización de este vaso de expansión para evitar dilataciones y expansiones del fluido que puedan dañar esta instalación.

Para el cálculo del volumen del vaso de expansión se ha seguido las recomendaciones que facilita el fabricante (Ibericadelcalor) en su catalogo [29]. Primero se deberá calcular el volumen del circuito primario como la suma del volumen de tuberías, colectores e intercambiador de calor.

$$V_{tuberia1} = \frac{\pi \cdot D_{interno_tuberia}^2 \cdot L_{tuberia_cubierta}}{4} = 158,223L \quad (111)$$

Siendo el número de colectores de 21, el volumen de los mismos será:

$$V_{colectores} = n_{colectores} \cdot 1,8L = 37,8L \quad (112)$$

Para el volumen del intercambiador se debe basar en lo marcado por el fabricante según el número de placas 17.

$$V_{intercambiador1} = n_{placasIntercambiador} \cdot A_{placa} \cdot 3 \cdot n_{placasIntercambiador} = 17 \cdot 0,02m^2 \cdot 3 \cdot 17mm = 17,34L \quad (113)$$

El volumen del circuito será:

$$V_{circuito} = V_{tuberia1} + V_{colectores} + V_{intercambiador1} = 213,363L \quad (114)$$

Ahora se resolverá la siguiente fórmula que nos facilita el fabricante:

$$F_p = \frac{(P_f + 1) - (P_i + 1)}{(P_f + 1)} = 0,429 \quad (115)$$

donde:

P_f : es la presión máxima de trabajo que da el colector, 6 bar.

P_i : es la presión del agua de la red, 3 bar.

El coeficiente K de dilatación del fluido se obtendrá de la Figura 24:

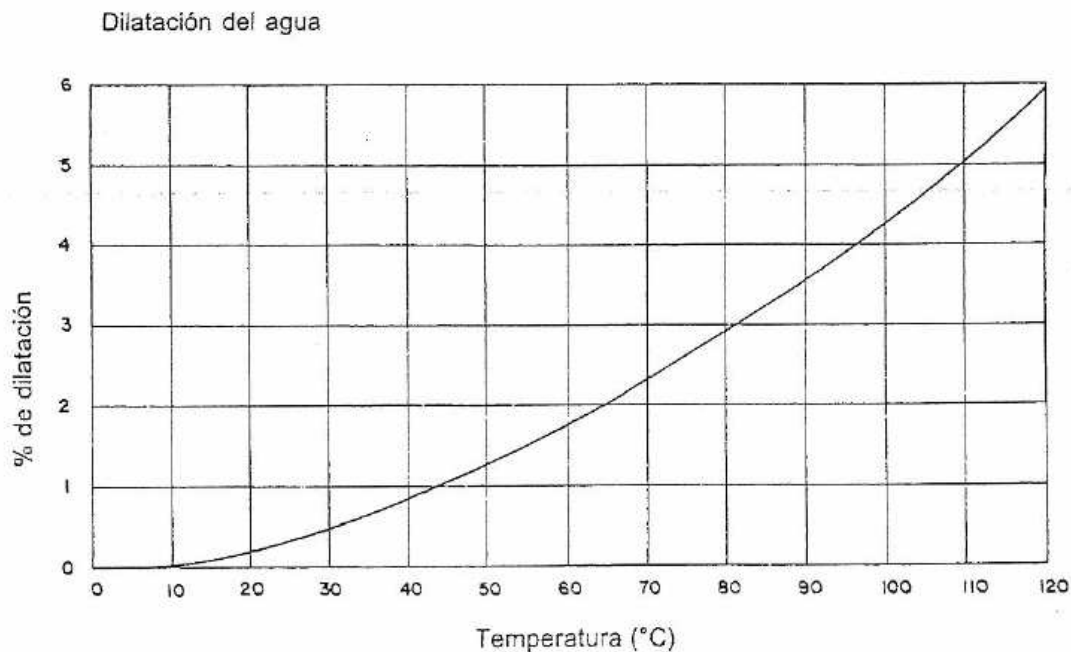


Figura 24. Coeficiente de dilatación del agua

Mirando la Figura 24, para 80°C se obtiene:

$$K_{\text{agua}} = 3$$

$$K_{\text{mezcla}} = 1,2 \cdot K_{\text{agua}} = 3,6 \quad (116)$$

El volumen del vaso de expansión será:

$$V_{\text{vasoExpansión}} = \frac{K_{\text{mezcla}}}{100} \cdot V_{\text{circuito}} \cdot \frac{1}{F_p} = 17,923L \quad (117)$$

Para esta instalación se elige el vaso de expansión cerrado de membrana fija de la marca Ibericadelcalor, Modelo 18-SMF con capacidad para 18 litros y una presión máxima de trabajo de 10 bar.

8.6.2 Circuito secundario

8.6.2.1 Tanque de acumulación

Como se comentó anteriormente, para esta instalación se va a elegir el modelo IMVV 2500 RB de Salvador Escoda para cumplir con la normativa vigente de $V_{\text{min}} = A_{\text{col}} \cdot 50 = 2331$ litros de capacidad.

8.6.2.2 Bomba del circuito secundario

Dado que se trata de la bomba del circuito secundario, será de menor potencia que la del primario, ya que las pérdidas de carga serán menores debido a que hay menos codos, válvulas, etc. y menos longitud de tubería.

Al igual que con el circuito primario, se calcularán las pérdidas de carga de todos los elementos que componen el circuito secundario.

- **Pérdidas de carga en las tuberías**

Como en el circuito primario, también se van a utilizar unas tuberías de cobre de 34 mm. de diámetro interior y cuya longitud total es ahora de 4 metros.

Con la densidad de 992 kg/m^3 , del fluido compuesto únicamente por agua, se puede calcular el área transversal de las tuberías del circuito:

$$A_{\text{transversal2}} = \frac{\pi \cdot (D_{\text{interno_tubería}})^2}{4} \quad (118)$$

Para el cálculo del número de Reynolds se utilizará la siguiente fórmula, con los siguientes datos:

$$u_{\text{fluido2}} = \frac{m_2}{\rho_{\text{fluido2}} \cdot A_{\text{transversal2}}} = 1,461 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (119)$$

$$Q_{\text{tubería2}} = u_{\text{fluido2}} \cdot A_{\text{transversal2}} = 1,327 \cdot 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \quad (120)$$

$$\mu_{\text{fluido2}} = 0,547 \cdot 10^{-3} \frac{\text{N} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$$

$$\text{Re}_{\text{fluido2}} = \frac{\rho_{\text{fluido2}} \cdot u_{\text{fluido2}} \cdot D_{\text{interno_tubería}}}{\mu_{\text{fluido2}}} = 9,009 \cdot 10^4 \quad (121)$$

Se van a usar tuberías de cobre con una rugosidad de $\varepsilon=0,015 \text{ mm}$, al igual que en el circuito primario.

Si el cociente $\frac{\varepsilon_{\text{tubería_cobre}}}{D_{\text{interno_tubería}}} = 4,412 \cdot 10^{-4}$ (122) se introduce en el diagrama de

Moody junto con los valores de Reynolds del fluido por las tuberías, se obtiene un factor de fricción en las tuberías de 0,022.

Por lo tanto, la pérdida de carga en las tuberías del circuito secundario es:

$$\Delta P_{tubería_circuito2} = f_2 \cdot \frac{L_{tubería_circuito2} \cdot Q_{tubería2}^2 \cdot \rho_{fluido2}}{2 \cdot D_{interno_tubería} \cdot A_{transversal2}^2} \quad (123)$$

$$\Delta P_{tubería_circuito2} = 2,492 \cdot 10^3 \text{ Pa} \quad (124)$$

- **Pérdidas de carga en el intercambiador**

Al igual que en el circuito primario, la pérdida de carga nos la marca el fabricante para el caudal de 5868 L/h.

$$\Delta P_{intercambiador1} = 2,6 \cdot m.c.a = 2,55 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

- **Pérdidas de carga en el tanque**

Se estima la pérdida de carga en el tanque en un 15% de las pérdidas, ya el fabricante no facilita ninguna información.

$$\Delta P_{tanque} = 0,15 \cdot (\Delta P_{tubería_circuito2} + \Delta P_{intercambiador2}) \quad (125)$$

$$\Delta P_{tanque} = 4,198 \cdot 10^3 \text{ Pa}$$

- **Potencia de la bomba**

Las pérdidas totales de carga en el circuito secundario se calcularán de igual manera, mediante la siguiente fórmula:

$$\Delta P_{perdida2} = \Delta P_{tubería_circuito2} + \Delta P_{tanque} + \Delta P_{intercambiador2} = 3,219 \cdot 10^4 \text{ Pa} \quad (126)$$

Considerando un rendimiento para la bomba del circuito secundario del 60%, la potencia total a bombear en este circuito será de:

$$W_{bomba2} = \frac{m_2 \cdot \Delta P_{perdida2}}{\rho_{fluido2} \cdot \eta_{bomba2}} = 71,167 \text{ W} \quad (127)$$

Para esta instalación se elige la bomba de la marca WILO, modelo WILO VerLine IPL 40/70 – 0,12/2 capaz de asumir la potencia y el caudal de 4,668 m³/h.

8.6.2.3 Vaso de expansión

No se va a precisar un vaso de expansión para este circuito porque el tanque de acumulación de ACS es capaz de absorber las posibles expansiones del fluido del circuito puesto que su capacidad excede en 169 litros la capacidad mínima. Por tanto, el tanque también se comporta como un vaso de expansión de 169 litros, más que suficiente para absorber las dilataciones.

8.6.3 Circuito terciario

Una vez resueltas las pérdidas, se pueden dimensionar los diferentes componentes de esta instalación.

8.6.3.1 Tanque y caldera de apoyo de ACS

Se toma como base la norma UNE 149201/2007 para centros comerciales y el CTE DB-HS4, localizadas en el IDEA, Guía técnica de Agua Caliente Sanitaria Central [30].

Para los cálculos se utilizarán las Tablas 43 y 44 del IDEA:

Tipo de edificio	Caudales (l/s)		Coeficientes		
	Q_u	Q_T	A	B	C
Viviendas	< 0,5	≤ 20	0,682	0,450	-0,140
	≥ 0,5	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	≥ 0,5	≤ 20	1,700	0,210	-0,700
	Sin Límite	> 20	1,700	0,210	-0,700
Oficinas, estaciones, aeropuertos, etc.	< 0,5	≤ 20	0,682	0,450	-0,140
	≥ 0,5	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	≥ 0,5	≤ 20	1,700	0,210	-0,700
	Sin Límite	> 20	0,400	0,540	0,480
Hoteles, discotecas, museos	< 0,5	≤ 20	0,698	0,500	-0,120
	≥ 0,5	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	≥ 0,5	≤ 20	1,000	0,366	0,000
	Sin Límite	> 20	1,080	0,500	-1,830
Centros comerciales	< 0,5	≤ 20	0,698	0,500	-0,120
	≥ 0,5	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	≥ 0,5	≤ 20	1,000	0,366	0,000
	Sin Límite	> 20	4,300	0,270	-6,650
Hospitales	< 0,5	≤ 20	0,698	0,500	-0,120
	≥ 0,5	≤ 1	1,000	1,000	0,000
	≥ 0,5	≤ 20	1,000	0,366	0,000
	Sin Límite	> 20	0,250	0,650	1,250
Escuelas, polideportivos	Sin Límite	≤ 1,5	1,000	1,000	0,000
		≤ 20	4,400	0,270	-3,410
		> 20	-22,500	-0,500	11,500

Tabla 43. Coeficientes para el cálculo de los caudales simultáneos

Tipo de aparato	Caudal instantáneo mínimo (l/s)		Diámetro NOMINAL Mínimo	
	AFCH	ACS	ACERO	Cu y Plásticos
Urinario con cisterna (c/u)	0,04	–	DN 15	12
Lavamanos	0,05	0,03	DN 15	12
Lavabo, Bidé	0,10	0,065	DN 15	12
Inodoro con cisterna	0,10	–	DN 15	12
Urinario con grifo temporizado	0,15	–	DN 15	12
Grifo aislado	0,15	0,10		
Lavavajillas doméstico	0,15	0,10	DN 15 (Rosca DN 20)	12
Fregadero doméstico	0,20	0,10	DN 15	12
Ducha	0,20	0,10	DN 15	12
Bañera de menos de 1,40 m	0,20	0,15	DN 20	20
Lavadero	0,20	0,10		
Lavadora doméstica	0,20	0,15	DN 20	20
Grifo garaje	0,20	–		
Vertedero	0,20	–	DN 20	20
Lavavajillas industrial (20 servicios)	0,25	0,20	DN 20	20
Bañera de 1,40 m o más	0,30	0,20	DN 20	20
Fregadero NO doméstico	0,30	0,20	DN 20	20
Lavadora industrial (8 kg)	0,60	0,40	DN 25	25
Inodoro con fluxor	1,25	–	DN 25-DN 40	25-40
	(Tabla 2.1 HS4)		(Tabla 4.2 HS4)	

Tabla 44. Caudales instantáneos en aparatos y secciones mínimas de tuberías para la conexión de los mismos

Dado que en este local se dispone de 6 fregaderos, 2 lavavajillas, 1 ducha y 5 lavabos, y considerando 100 servicios diarios para el lavavajillas industrial, el caudal total será:

$$Q_T = Q_{fregadero_no_domestico} \cdot 6 + Q_{lavavajillas_industrial} \cdot 2,5 + Q_{ducha} \cdot 1 + Q_{lavabo} \cdot 5 = 3,625 \frac{L}{s} \quad (128)$$

El caudal máximo de los aparatos unitarios es 0,3 L/s, correspondiendo al fregadero no doméstico.

Los coeficientes para el cálculo de los caudales simultáneos se obtienen según la Tabla 43 y el caudal máximo de los aparatos unitarios anterior, siendo para este local:

$$A = 0,698$$

$$B = 0,5$$

$$C = -0,12$$

A continuación se calculará el caudal simultáneo de cálculo con la siguiente fórmula:

$$Q_c = (A Q_T^{0,5} + C) \quad (129)$$

$$Q_c = 1,209 \frac{L}{s}$$

Dado que no se cumple con toda la demanda de calor necesaria con las placas solares, se necesita una caldera de apoyo. Esta puede ser de dos tipos, con producción instantánea o con acumulación, para conseguir reducir la potencia de la caldera.

Se calcula la potencia instantánea de la caldera mediante la fórmula 130.

$$P_{caldera_instantanea} = \left[Q_c \cdot 10^{-3} \frac{m^3}{L} \cdot \rho_{fluido2} \cdot Cp_2 \cdot (T_{sum} - T_{red}) \cdot (1 - f_{ACS}) \right] \quad (130)$$

Mes	T ^a _{suministro} (K)	T ^a _{red} (K)	f _{ACS}	P _{caldera_instantanea} (kW)
Enero	60	6	0,446	149,969
Febrero	60	7	0,567	115,043
Marzo	60	9	0,682	81,301
Abril	60	11	0,7	73,691
Mayo	60	12	0,741	62,322
Junio	60	13	0,858	33,457
Julio	60	14	1,022	-5,073
Agosto	60	13	1,093	-21,912
Septiembre	60	12	0,913	20,934
Octubre	60	11	0,725	67,55
Noviembre	60	9	0,534	119,139
Diciembre	60	6	0,44	151,593

Tabla 45. Cálculo de la potencia instantánea de la caldera de apoyo para ACS

Dado que según el CTE no se puede instalar una caldera de forma instantánea debido a la alta potencia que se necesita, se utilizará una caldera de apoyo y un tanque de acumulación. La caldera de apoyo se calculará con un tiempo de recuperación máximo de 3 horas, la caldera de apoyo llevará un porcentaje de acumulación de la demanda total del día para dimensionar la caldera más pequeña. El tiempo de recuperación es el tiempo que tarda el tanque en recoger toda la energía para ser capaz de dar la demanda pico de agua en un momento dado. Se irá haciendo hipótesis de cálculo hasta llegar al tiempo de recuperación de 3 horas y obtener la potencia de la caldera y las dimensiones del tanque.

Se empieza con acumulación del 25%. Para esto, se realizarán los siguientes cálculos:

$$Q_{punta} = f_{demandaDia} \cdot \frac{L}{día} = 3.206 \cdot 0,5 = 1,60310^3 L \quad (131)$$

$$V_{acum} = 0,25 Q_{punta} = 400,75 L \quad (132)$$

Teniendo una altura del tanque de 1,69 m., con un diámetro de 0,77 m. y un volumen del tanque de 480L según el fabricante Salvador Escoda.

Se calcula el factor de uso de los acumuladores, depende de la esbeltez de los mismos.

$$F_{uso_acum} = 0,63 + 0,14 \frac{H_{tanque}}{D_{tanque}} = 0,937 \quad (133)$$

Donde:

H_{tanque} : es la altura del tanque

D_{tanque} : es el diámetro del tanque

El factor de uso de los acumuladores es el rendimiento del tanque de acumulación dependiendo de las dimensiones que tiene.

La potencia de la caldera con la acumulación del 25% se calcula según la fórmula 134.

$$P_{caldera_acum_25\%} = \frac{[Q_{punta} \cdot (T_{sum} - T_{red}) \cdot (\rho_{fluido2} \cdot Cp_2) \cdot (1 - f_{ACS}) - V_{acum_tanque} \cdot F_{uso_acum} \cdot (T_{sum} - T_{red}) \cdot (\rho_{fluido2} \cdot Cp_2)] \cdot 10^{-3}}{3600,75} \quad (134)$$

El tiempo de recuperación es:

$$t_{R_acum_25\%} = \frac{V_{acum_tanque} \cdot \rho_{fluido2} \cdot Cp_2 \cdot (T_{sum} - T_{red}) \cdot 10^{-3}}{P_{caldera_acum_25\%} \cdot 0,75} \quad (135)$$

Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 46.

Mes	$P_{caldera_acum_25\%}$ (kW)	$T_{R_acum_25\%}$ (min)
Enero	36,338	65,728
Febrero	19,877	117,932
Marzo	4,689	481,098
Abril	2,334	928,76
Mayo	-2,559	-829,639
Junio	-16,043	-129,575
Julio	-34,274	-59,362
Agosto	-43,234	-48,083
Septiembre	-22,884	-92,775
Octubre	-0,682	-0,003
Noviembre	23,271	96,935
Diciembre	37,136	64,316

Tabla 46. Potencia de la caldera de apoyo y tiempo de recuperación para una acumulación del 25% para ACS

La potencia de la caldera se obtiene negativa en los meses de verano porque para esos meses se tiene una acumulación mayor de la que se necesita. En esos meses la utilización de la caldera va a ser muy inferior comparada con los meses de invierno. Para no sobrepasar el tiempo de recuperación mayor de 3 horas hay que fijarse en el mes de mayor potencia de la caldera porque es esa potencia a la que se va a instalar. En este caso es el mes de Diciembre con 64,316 min, podemos seguir aumentando la acumulación.

Con una acumulación del 50%. Para esto, se realizarán los siguientes cálculos:

$$V_{acum} = 0,5 \cdot Q_{punta} = 801,5L \quad (136)$$

Teniendo una altura del tanque de 2,25 m., con un diámetro de 0,95 m. y un volumen del tanque de 995L según el fabricante Salvador Escoda.

$$F_{uso_acum} = 0,63 + 0,14 \cdot \frac{H_{tanque}}{D_{tanque}} = 0,962 \quad (137)$$

$$P_{caldera_acum_25\%} = \frac{[Q_{punta} \cdot (T_{sum} - T_{red}) \cdot (\rho_{fluido2} \cdot Cp_2) (1 - f_{ACS}) - V_{acum_tanque} \cdot F_{uso_acum} \cdot (T_{sum} - T_{red}) \cdot (\rho_{fluido2} \cdot Cp_2)] 10^{-3}}{36000,75} \quad (138)$$

$$t_{R_acum_50\%} = \frac{V_{acum_tanque} \cdot \rho_{fluido2} \cdot Cp_2 \cdot (T_{sum} - T_{red}) 10^{-3}}{P_{caldera_acum_50\%} \cdot 0,75} \quad (139)$$

Mes	P _{caldera_acum_50%} (kW)	T _{R_acum_50%} (min)
Enero	-5,698	-868,881
Febrero	-21,38	-227,28
Marzo	-35,012	-133,552
Abril	-35,81	-125,454
Mayo	-39,924	-110,23
Junio	-52,63	-81,877
Julio	-70,083	-60,179
Agosto	-79,821	-53,986
Septiembre	-60,249	-73,044
Octubre	-38,826	-115,71
Noviembre	-16,43	-284,593
Diciembre	-4,9	-1010

Tabla 47. Potencia de la caldera de apoyo y tiempo de recuperación para una acumulación del 50% para ACS

Observando los resultados no son razonables, se fija el tiempo de recuperación de la caldera en 3 horas y se calcula la potencia de la misma.

$$P_{caldera_acum_50\%_tr3h} = \frac{V_{acum_tanque} \cdot 10^{-3} \cdot \rho_{fluido2} \cdot Cp_2 \cdot (T_{sum} - T_{red}) \cdot (1 - f_{ACS})}{3,0,75} \quad (140)$$

Mes	P _{caldera_acum_50% tr3h} (kW)
Enero	15,238
Febrero	11,689
Marzo	8,261
Abril	7,488
Mayo	6,332
Junio	3,399
Julio	-0,515
Agosto	-2,226
Septiembre	2,127
Octubre	6,864
Noviembre	12,105
Diciembre	15,403

Tabla 48. Potencia de la caldera de apoyo para una acumulación del 50% y un tiempo de recuperación de 3 horas para ACS

Al haber estipulado un tiempo máximo de recuperación de 3 horas, no se proseguirá con los cálculos de porcentaje de acumulación.

Como ya se ha explicado anteriormente, la potencia de la caldera para los meses de julio y agosto es negativa debido a que con el tanque de acumulación se tiene una acumulación mayor de la necesaria.

Como conclusión a los datos obtenidos de la caldera y el tanque para el circuito terciario se obtiene la Tabla 49:

Variable	Local
Consumo ACS	3.206 l/día
Potencia instantánea	151,6 kW
Acumulación 25%	480 l acumulación
	37,1 kW
Acumulación 50% con tr = 3 horas	995 l acumulación
	15,4kW

Tabla 49. Tabla de resultados de la caldera de apoyo y el tanque del circuito terciario para ACS

Según se observa en la Tabla 49 se va a instalar una caldera con una acumulación del 50% con tiempo de recuperación de 3 horas, la caldera será de la marca JUNKERS de 15 kW.

8.6.3.2 Vaso de expansión

Se va a colocar un vaso de expansión pequeño, ya que con esto se evitan problemas y el coste que supone es muy pequeño.

Se elige el vaso de expansión cerrado de membrana fija de la marca Ibericadelcalor, Modelo 5-SMF con capacidad para 5 litros y una presión máxima de trabajo de 10 bar.

8.6.4 Otros componentes

Otros componentes, comunes en instalaciones de suministro de agua son los siguientes:

- **Válvulas de corte:** posibilitan el funcionamiento independiente de determinados tramos de la instalación en caso de la necesidad de realizar tareas de mantenimiento o en caso de fallo.
- **Válvulas antirretorno:** evitan flujos inversos entre el intercambiador y los captadores o entre el tanque de acumulación y los intercambiadores.
- **Válvulas de regulación:** regulan el caudal de distintas partes de la instalación según el consumo de ACS de cada mes.
- **Válvulas de seguridad:** protegen la instalación ante subidas de presión, formación de vapor, etc.

8.6.5 Tabla resumen de componentes

Se exponen en la Tabla 50 todos los componentes de la instalación que se necesitan.

Circuito primario	Elemento	Circuito secundario	Elemento	Circuito terciario	Elemento
Intercambiador	26,1 kW	Tanque	2.500 litros	Tanque ACS	995 litros
Bomba	1,36 kW	Bomba	71,167 W	Caldera	15,4 kW
Vaso de expansión	17,92 litros	-	-	Vaso de expansión	5 litros

Tabla 50. Componentes para ACS

8.7 Sistema de regularización y control

Para reducir el uso del sistema auxiliar, se utilizará un sistema de regularización y control, que asegura el correcto funcionamiento de la instalación para aprovechar

adecuadamente la energía solar captada mediante el control de caudales y apertura y cierre de válvulas.

El sistema de regularización permitirá controlar las temperaturas, para que no sean superiores a las máximas recomendadas, lo que podría ocasionar daños en la instalación y en sus componentes.

Se ha seleccionado un sistema de regularización de la marca Sauter para Salvador Escoda, compuesto por una centralita digital, una sonda en el acumulador, una sonda de impulsión y varios termostatos, modelo RDT724F002, situados en distintos puntos de la instalación.

Adicionalmente se va a instalar un sensor de radiación de la marca WatchDog, modelo WD 3670 en la cubierta para regular las bombas del circuito primario y secundario en función de la radiación captada por los colectores.

Las bombas, además, se regularán en función de las temperaturas de entrada y salida a los colectores, intercambiadores y tanques, tal como se ha indicado anteriormente. El sistema de control estará ajustado de tal manera que las bombas no estén en marcha cuando la diferencia de temperaturas sea menos de 2 °C y se encuentren en funcionamiento cuando la diferencia sea mayor de 5 °C. La diferencia de temperaturas entre los puntos de arranque y de parada del termostato diferencial no será menos de 2 °C.

Además, el sistema de regularización y control asegura que no se alcance en ningún punto temperaturas en el fluido de trabajo inferiores a 3 °C, superior a la temperatura de congelación impuesto.

Este sistema irá dotado de un sistema individual para seleccionar la puesta en marcha de cada una de ellas.

En el siguiente esquema se pueden observar los principales puntos de actuación del sistema de regularización y control.

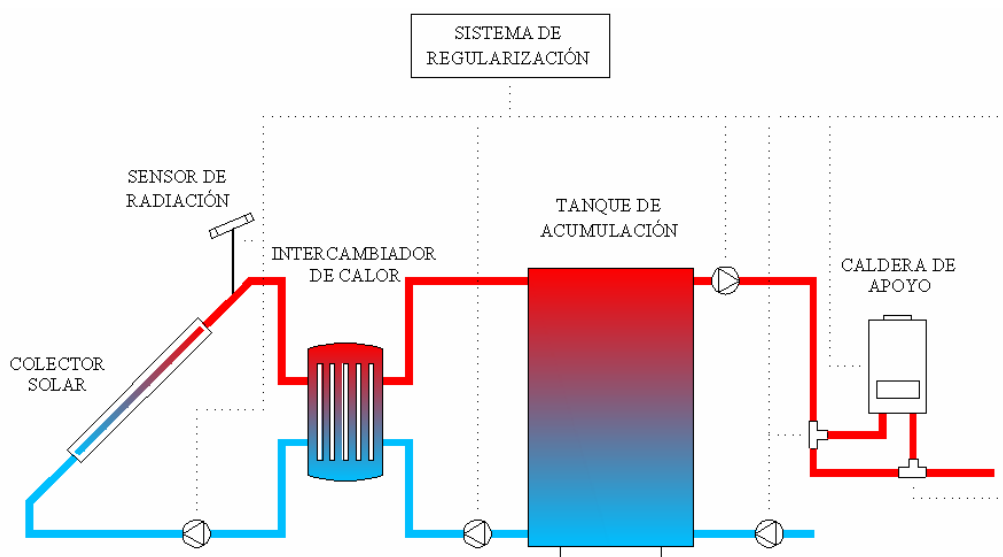


Figura 51. Esquema del sistema de regularización y control para la instalación de ACS

CAPÍTULO 9. Diseño de la instalación solar para Calefacción y Refrigeración

9.1 Introducción al diseño del sistema de climatización

En este capítulo se va a diseñar la instalación de climatización de la misma forma que se ha hecho con la instalación de ACS. En este caso el CTE no especifica un factor mínimo de demanda que hay que alcanzar como pasaba en ACS. Esta instalación se va a calcular para ver si es rentable colocar una instalación de ACS o ACS y climatización.

Se supone que el límite máximo de área de captación será debido al 100% de la demanda requerida. Esto ocurrirá en los meses de menor demanda de energía como son los meses de Abril, Mayo y Octubre. O el límite de área de captación lo marcará la superficie de cubierta que tenemos para la colocación de los colectores.

Un aspecto a tener en cuenta en esta instalación es que es totalmente independiente de la instalación de ACS, cada equipo o elemento es exclusivo para esta instalación.

En cuanto a los pasos a seguir van a ser similares que en el capítulo anterior:

1. Presentación de los datos de partida
2. Explicación los métodos utilizados para satisfacer las demandas de calor y frío.
3. Diseño del área de captación necesaria sin pérdidas.
4. Decisión de área de captación empleada e inclinación de los colectores.
5. Cálculos de las pérdidas de la instalación.
6. Diseño del área de captación necesaria con pérdidas.
7. Análisis y validación de resultados.
8. Cálculo del resto de componentes.

9.2 Presentación de los datos de partida

Como ya se comentado en la introducción se va a diseñar esta instalación desde el punto de vista de que no existiera la instalación de ACS por lo que los datos de temperaturas ambientes, etc. son los mismos.

Los datos que son necesarios para esta instalación son las cargas térmicas.

MES	$Q_{\text{termica_total}}$ (kW)
Enero	-44,312
Febrero	-40,581
Marzo	-38,53
Abril	-31,68
Mayo	25,53
Junio	39,03
Julio	44,71
Agosto	44,439
Septiembre	31,704
Octubre	-35,523
Noviembre	-42,549
Diciembre	-45,062

Tabla 51. Cargas térmicas totales del local

Como es lógico los meses de enero a abril y de octubre a diciembre son los que se harán los cálculos para la demanda calefacción y de Mayo a Septiembre para la demanda refrigeración.

Los datos que tenemos de radiación para esta instalación son los obtenidos con 40,51° de inclinación:

MES	Radiación (W/m ²)
Enero	423,007
Febrero	483,29
Marzo	503,402
Abril	500,178
Mayo	498,279
Junio	538,978
Julio	573,907
Agosto	577,195
Septiembre	548,71
Octubre	505,488
Noviembre	455,632
Diciembre	424,771

Tabla 52. Radiación que llega al colector para Calefacción y Refrigeración

9.3 Explicación los métodos utilizados para satisfacer la demanda de calor y frío.

9.3.1 Diseño del sistema de calefacción con suelo radiante

Para satisfacer la demanda de calefacción, se va a utilizar un sistema de suelo radiante para calefactar el local, ya que los sistemas tradicionales de calefacción trabajan en torno a los 70°C, haciendo trabajar a la instalación a una elevada temperatura y aumentando con ello las pérdidas.

Este sistema de suelo radiante consiste en un entramado de tuberías de polietileno reticulado que se instala en el suelo del local con una temperatura de impulsión en torno a los 35-45°C, alcanzando el suelo temperaturas en torno a los 25-30°C. También es el sistema de calefacción que más se aproxima a la distribución ideal de la temperatura del cuerpo humano.

A continuación, en la Figura 50 se refleja las curvas de temperatura para diferentes tipos de sistemas de calefacción, recogido en los apuntes de Calor y Frío Industrial de la UC3M [20].

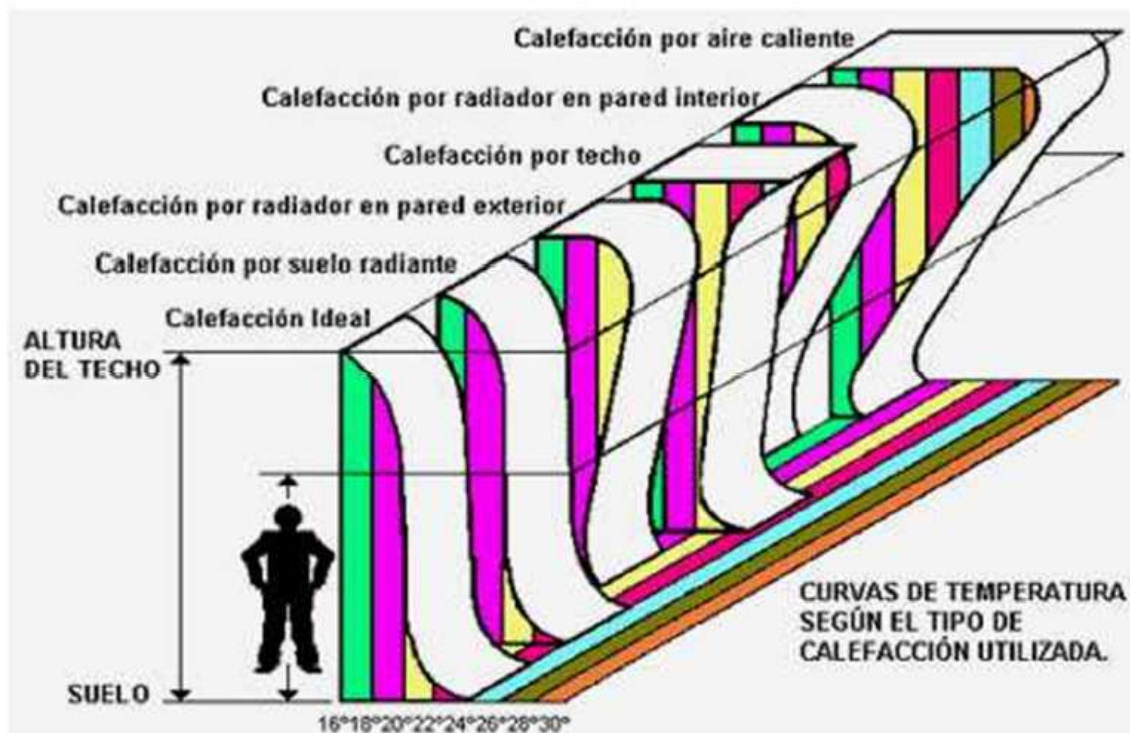


Figura 52. Perfil de temperaturas con la altura para distintos sistemas de calefacción

El sistema de suelo radiante elegido es un sistema de la marca UPONOR.

Se va a tener que hacer frente a las cargas térmicas de la Tabla 53 para calefactar el local.

Mes	Q _{térmica} total para calefacción (W)
Enero	-45,054
Febrero	-40,790
Marzo	-39,911
Abril	-26,705
Octubre	-30,237
Noviembre	-36,824
Diciembre	-44,085

Tabla 53. Carga térmica de calefacción por meses

Se tiene la carga térmica pico en un instante, la cual se considera una hora de duración, es decir, durante una hora tendremos esas cargas térmicas. Los datos de radiación de la Tabla 52 es la radiación media en las horas de sol. Como el local está en funcionamiento solamente 12 horas al día, se debe calcular la carga térmica para esas 12 horas, teniendo que satisfacer las horas de sol la carga térmica. El cálculo de la demanda a satisfacer se obtiene de la fórmula 149.

En la Tabla 54 se indica las horas de funcionamiento del local y las horas de sol captadas por el colector como se explico en el capítulo 4.

Mes	Horas de funcionamiento del local	Horas de sol
Enero	12	9,422
Febrero	12	10,407
Marzo	12	11,701
Abril	12	12
Octubre	12	10,87
Noviembre	12	9,699
Diciembre	12	9,113

Tabla 54. Carga térmica corregida de calefacción por meses

Seguiremos el Manual Técnico para Instalaciones de Calefacción y Refrigeración por suelo de UPONOR [31].

Vamos a calefactar todo el local, excepto las cámaras de refrigeración y congelación, por lo que tendremos un área de calefactable de 322,45 m².

Para el cálculo de la longitud de las espirales de los circuitos de calefacción, y según instrucciones del fabricante, se fija una distancia entre tubos del serpentín de 0,2 m.

$$L_{\text{mod}} = \frac{A}{e_t} + 2 \cdot L = 1620,25m \quad (141)$$

Donde:

A: área del local a calefactar m².

e_t : distancia entre los tubos del serpentín 0,2 m.

L : distancia hasta el colector de distribución 4 m.

El cálculo del gasto másico necesario para satisfacer la demanda de carga térmica en los meses de calefacción se calcula de la siguiente manera:

- Cálculo de la demanda de calor por medio de la expresión dada por el fabricante
- Cálculo de la temperatura del suelo según la expresión del fabricante
- Con una gráfica dada por el fabricante se calcula el salto térmico, que es necesario para calcular la temperatura de impulsión del agua de las tuberías de entrada del suelo radiante
- Se estima una temperatura de retorno del agua de las tuberías de salida del suelo radiante
- Por último, con los datos de las temperaturas de impulsión y retorno, la carga térmica y el $C_{p_{\text{agua}}}$ se calcula el gasto másico.

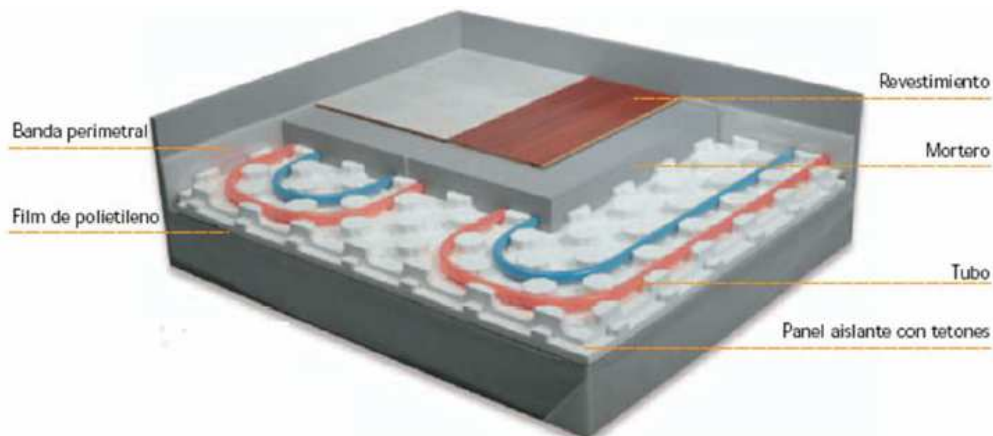


Figura 53. Esquema del suelo radiante

Se empieza fijando una temperatura de confort de 22°C, por lo que se selecciona una configuración del suelo radiante en forma de espiral, y cuyo gráfico de evolución de la temperatura de impulsión dentro del tubo es la siguiente:

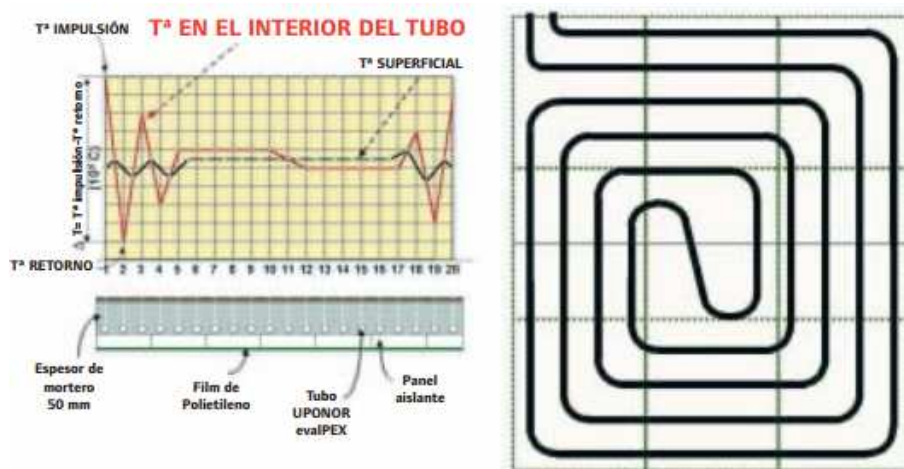


Figura 54. Variación de la temperatura de impulsión para configuración en espiral (UPONOR)

La demanda de calor por unidad de área también la fija el fabricante mediante la relación 142:

$$q_n = 8,92 \cdot (T_{red} - T_{confort}) \quad (142)$$

La temperatura del pavimento no debe superar los 30 °C porque puede suponer un problema para personas con mala circulación o varices, por lo que lo deberemos comprobar con la ecuación 143 que da el fabricante:

$$T_{pavimento} = T_{confort} - \frac{q_n}{\alpha} \quad (143)$$

donde:

$T_{confort}$: temperatura de confort del local 22 °C.

q_n : calor demandado por unidad de área (W/m²).

α : transferencia por radiación recomendada por el fabricante 14 W/m².

Se obtienen los resultados de la Tabla 55.

Mes	T_{red} (°C)	q_n (W/m ²)	$T_{pavimento}$ (°C)
Enero	6	-142,72	32,194
Febrero	7	-133,80	31,557
Marzo	9	-115,96	30,283
Abril	11	-98,12	29,009
Octubre	11	-98,12	29,009
Noviembre	9	-115,96	30,283
Diciembre	6	-142,72	32,194

Tabla 55. Demanda de calor por unidad de área y temperatura para el pavimento (UPONOR)

La temperatura del pavimento es excesiva aunque se tomará como válido esos valores.

La temperatura de impulsión para los distintos meses la se calcula a través de la fórmula 144.

$$T_{impulsión} = T_{pavimento} + \Delta T_{saltoTérmico} \quad (144)$$

A partir de la Figura 55, proporcionada por el fabricante, se calcula el salto térmico entre la temperatura de impulsión del agua por cada circuito y la temperatura superficial del pavimento. Para ello deberemos introducir la demanda máxima (que se da en los meses de Enero, Febrero y Diciembre) y para un pavimento cerámico de 10 mm. de espesor, se obtiene un salto térmico de 14 °C.

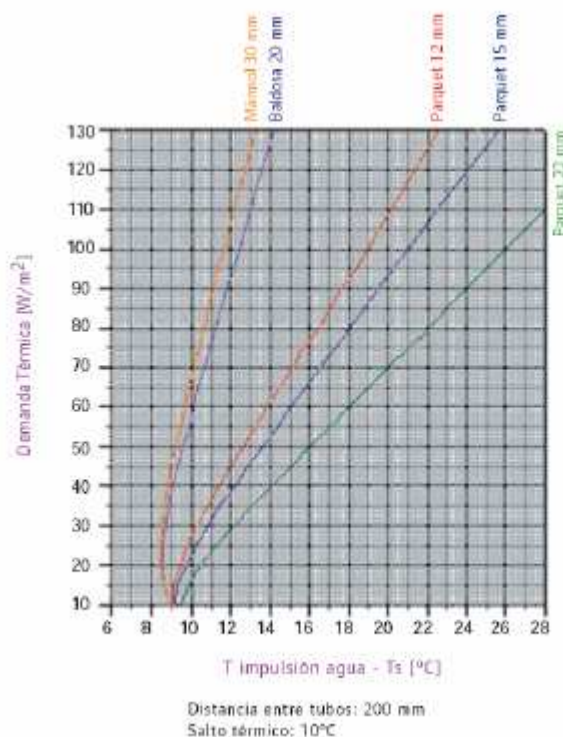


Figura 55. Salto térmico para calefacción (UPONOR)

La temperatura de retorno la se estima en 10 °C.

Finalmente, se calcula el gasto másico de calefacción necesario para calefactar el local, teniendo en cuenta lo explicado anteriormente con las horas de funcionamiento y las horas de sol.

$$m_{\text{calefacción}} = \frac{Q_{\text{térmica}} \cdot \frac{\text{horas de funcionamiento}}{\text{horas de sol}}}{Cp_{\text{agua}} \cdot (T_{\text{impulsión}} - T_{\text{retorno}})} \quad (145)$$

Mes	Caudal de agua para calefacción (kg/s)	Temperatura de impulsión (°C)	Temperatura de retorno (°C)
Enero	1,078	46,044	36,044
Febrero	0,976	45,407	35,407
Marzo	0,955	44,133	34,133
Abril	0,639	42,859	32,859
Octubre	0,723	42,859	32,859
Noviembre	0,881	44,133	34,133
Diciembre	1,055	46,044	36,044

Tabla 56. Caudal de agua y temperaturas de impulsión y retorno en el circuito de calefacción

Introduciendo estos valores en la gráfica de pérdidas de carga de conductos distribuidores de calefacción de UPONOR imponiendo una pérdida de carga recomendada por el fabricante de 0,2 kPa/m para hallar el diámetro máximo del tubo. Se escoge un tubo eval-PEX de 40x3,7 como tubería distribuidora.

9.3.2 Diseño del sistema de refrigeración

Para satisfacer nuestra demanda de refrigeración, se va a utilizar un sistema de techo refrescante para enfriar el local. Como se mencionó anteriormente el sistema de refrigeración se utilizará en los meses de Mayo a Septiembre, por medio de techo refrescante de la marca UPONOR.

Para suministrar el frío al techo refrescante se hará por medio de una máquina de absorción. Se ha elegido una máquina de 10kW de la marca SONNENKLIMA suninverse. Para esta máquina se necesita que la temperatura sea alta, en funcionamiento nominal 75°C, aunque el fabricante indica que con 55°C es la temperatura mínima para producción de frío. Por esta razón se utilizan los colectores de tubos de vacío en vez de placas planas.

Como se ha hecho en calefacción, se realiza lo mismo para refrigeración en cuanto a la carga térmica. En la Tabla 57 se muestra las horas de funcionamiento del local y las horas de sol.

Mes	Horas de funcionamiento del local	Horas de sol	Q _{térmica} total para calefacción (kW)
Enero	12	12	25,53
Febrero	12	12	39,03
Marzo	12	12	44,71
Abril	12	12	44,439
Octubre	12	12	31,704

Tabla 57. Horas de funcionamiento del local y horas de sol

Para el diseño de la instalación con la máquina de absorción se han realizado los siguientes pasos:

- Se impone Q_e en 10 kW.
- Se calcula el Q_g por medio de Q_e y el COP que proporciona el fabricante.
- El gasto másico que circula por la máquina de absorción y la temperatura de impulsión del agua para empezar a producir frío nos la proporciona el fabricante.
- Con la temperatura de impulsión, el Q_g , el gasto másico y el $C_{p_{agua}}$ se obtiene la temperatura de retorno.

Se impone como Q_e como 10 kW ya es la potencia frigorífica nominal que marca el fabricante.

Con el COP que marca el fabricante 0,78 se calcula el Q_g .

$$Q_g = \frac{Q_e}{COP} \quad (146)$$

El gasto másico que circula por la máquina de absorción en funcionamiento nominal es que marca el fabricante.

$$m_{climatización} = 2,6 \frac{m^3}{hr} = 2,6 \frac{m^3}{hr} \cdot \rho_{agua} = 0,331 \frac{kg}{s} \quad (147)$$

La temperatura de impulsión de la máquina de absorción la marca el fabricante siendo de 75°C, aunque el fabricante indica que a partir de 55°C ya comienza a funcionar.

Por último, se calcula la temperatura de retorno del agua con la expresión 148.

$$T_{retorno} = T_{impulsión} - \frac{Q_g \cdot \frac{\text{horas de funcionamiento}}{\text{horas de sol}}}{m_{climatización} \cdot Cp_{agua}} \quad (148)$$

Los valores para el funcionamiento de la máquina de absorción, calculadas con las fórmulas anteriores se muestran en la Tabla 58.

Mes	Caudal de agua para refrigeración (kg/s)	Temperatura de impulsión (°C)	Temperatura de retorno (°C)
Mayo	0,331	75	65,73
Junio	0,331	75	65,73
Julio	0,331	75	65,73
Agosto	0,331	75	65,73
Septiembre	0,331	75	65,73

Tabla 58. Valores de funcionamiento de la máquina de absorción

En cuanto al dimensionado del techo refrescante se seguirán las instrucciones detalladas en el Manual Técnico de Climatización por Techo con UPONOR Confort Panel [32].

La temperatura del agua impulsada se obtiene gracias al diagrama psicrométrico para obtener el punto de rocío del agua con la temperatura de confort para verano, 24 °C y HR = 50%. La temperatura de rocío obtenida es de 14,6 °C por lo que la temperatura de impulsión del agua por el techo ha de ser de 16 °C para evitar condensaciones en el techo. Esta temperatura es perfecta para la máquina de absorción, ya que el fabricante con temperatura de entrada en funcionamiento nominal de 15°C.

La superficie a refrigerar serán 322,45 m² por lo que según las especificaciones del fabricante se necesita un área de 85,28 m². Se va a utilizar un panel de 1.200x600 mm

El fabricante indica que no se pueden colocar más de 4 paneles en serie con lo que el caudal que circula por ellos es de 0,02 l/s.

9.4 Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa sin pérdidas.

Diagrama de un sistema de calefacción solar asistida por bomba de calor. El sistema incluye un colector solar, un intercambiador de calor, un tanque de acumulación, una caldera de apoyo, una máquina de absorción y una torre de refrigeración. Se muestran los flujos de agua caliente (rojo) y fría (azul) con sus respectivas temperaturas y caudales.

9.4.1 Sistema de ecuaciones

En este apartado se va a resolver el sistema de ecuaciones para el diseño de la instalación de climatización, en este aspecto no existe normativa que especifique un factor de demanda a cumplir, por lo que el factor limitante será cuando se cumpla el 100% de la demanda en un mes o se llegue al límite máximo de espacio en la cubierta para colocar colectores. Como en la instalación de ACS se han utilizado 21 colectores, para climatización el espacio restante admite 40 colectores más.

El sistema de ecuaciones es semejante al de ACS, aunque cambian la temperatura de agua de red por la temperatura de retorno. Solo se va a mostrar las ecuaciones que se modifican.

Las ecuaciones que son iguales para ACS son:

- Balance de energía en el colector solar
- Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida
- Balance de energía en el intercambiador de calor
- Eficiencia en el intercambiador de calor
- Balance en el tanque de acumulación
- Temperatura media del tanque de acumulación
- Grado de estratificación en el tanque

Las ecuaciones que cambian son:

Fracción solar

Consiste en la contribución anual porcentual que relaciona la energía aportada con respecto a la energía demandada, tanto en calefacción como en refrigeración.

$$f_{calefacción} = \frac{T_{cons} - T_{ret}}{T_{impulsión} - T_{ret}} \quad (149)$$

$$f_{refrigeración} = \frac{Q_e}{Q_{termica} \cdot \frac{\text{horas de funcionamiento}}{\text{horas de sol}}} \quad (150)$$

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_{ret} : Temperatura de retorno del suelo radiante o máquina de absorción (K)

$T_{impulsión}$: Temperatura de impulsión del suelo radiante o máquina de absorción (K)

Q_e : Potencia frigorífica aportada por la máquina de absorción (10.000 W)

$Q_{termica}$: Cargas térmicas (W)

$f_{calefacción}$: Fracción de energía aportada para calefacción.

$f_{refrigeración}$: Fracción de energía aportada para refrigeración.

Horas de funcionamiento: Horas de funcionamiento del local.

Horas de sol: horas de captación del colector.

Variables a obtener en el sistema de ecuaciones:

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

T_t : Temperatura media del tanque (K)

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_m : Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida (K)

$f_{calefaccion}$: Fracción de energía aportada para calefacción.

$f_{refrigeración}$: Fracción de energía aportada para refrigeración.

9.4.2 Resultados sin pérdidas

Se toman unos valores iniciales coherente para que el MathCAD inicie la iteración del programa.

En esta instalación se llega al límite de área de captación máxima que hay disponible en la cubierta. En la Tabla 61 se va a mostrar los valores para ese límite para dos inclinaciones como se hizo en el capítulo de ACS. También se va a mostrar los valores que serían los correctos para llegar al límite de la instalación en cuanto a máxima demanda abastecida.

Inclinación en grados (β)	Área (m ²)	Nº de colectores	Rendimiento	f _{calefacción}	f _{refrigeración}	Calor útil (kW)	f _{calefacción} mensual	f _{climatización} mensual
40,51	88,8	40	0,456	0,477	0,27	241,958	0,332	-
							0,481	-
							0,613	-
							0,799	-
							-	0,392
							-	0,256
							-	0,224
							-	0,225
							-	0,315
							0,647	-
							0,4	-
50	88,8	40	0,456	0,496	0,261	243,232	0,311	-
							0,359	-
							0,504	-
							0,614	-
							0,777	-
							-	0,377
							-	0,244
							-	0,214
							-	0,219
							-	0,314
							0,667	-
40	113,22	51	0,442	0,598	0,27	298,474	0,429	-
							0,339	-
							0,418	-
							0,603	-
							0,767	-
							0,996	-
							-	0,392
							-	0,256
							-	0,224
							-	0,225
							-	0,315
50	113,22	51	0,442	0,612	0,261	300,378	0,81	-
							0,503	-
							0,391	-
							0,452	-
							0,632	-
							0,768	-
							0,969	-
							-	0,377
							-	0,244
							-	0,214
							-	0,219
50	113,22	51	0,442	0,612	0,261	300,378	-	0,314
							0,834	-
							0,539	-
							0,426	-

Tabla 59. Resultado de la instalación de Calefacción y Refrigeración sin pérdidas

Para esta instalación se ha incorporado otra variable para poder hacer una mejor elección del área de captación e inclinación, es el calor recogido por las placas solares. Se

observa que la diferencia es muy escasa, esto es un resultado lógico porque los captadores de tubo de vacío permiten unas grandes posibilidades de inclinación sin apenas pérdida de energía.

En el caso de 88,8, se debería elegir la instalación de 50,51°, ya que se aporta mayor demanda de calefacción, pero existe el inconveniente de la temperatura de impulsión en los meses de verano. Para esta área se está muy al límite y es más conveniente llegar a la temperatura de funcionamiento de la máquina de absorción.

En el caso de 113,22, aquí la temperatura de la máquina de absorción no es problema, ya que se alcanza sobradamente para todos los meses. La mejor opción sería elegir la inclinación de 50,51° para satisfacer mayor demanda de calefacción. Otra posibilidad es elegir una máquina de absorción de mayor potencia y volver a diseñar la instalación para ver si llegamos a la temperatura de esa máquina de absorción y dar mayor demanda de refrigeración.

Se observa, que la hay grandes posibilidades de elección en cuanto a inclinación y área de captación. Dependiendo de las necesidades y circunstancias de cada instalación se elegirá unos diseños u otros.

Para los siguiente cálculos se va a elegir una inclinación de 40,51° y 40 colectores con un área de 88,8 m² obteniendo los factores de demanda mensuales mostrados en la Tabla 60.

Mes	f _{calefacción}	f _{refrigeración}
Enero	0,332	-
Febrero	0,481	-
Marzo	0,613	-
Abril	0,799	-
Mayo	-	0,392
Junio	-	0,256
Julio	-	0,224
Agosto	-	0,225
Septiembre	-	0,315
Octubre	0,647	-
Noviembre	0,4	-
Diciembre	0,332	-

Tabla 60. Factor de demanda aportado para Calefacción y Refrigeración sin pérdidas

9.5 Cálculos de las pérdidas de la instalación

Ahora hay que calcular las pérdidas de la instalación de la misma forma que se hizo en la instalación de ACS. Pero aquí, debido a que las temperaturas que se alcanzan son mayores, sobre todo en los meses de verano, las pérdidas serán mucho mayores.

9.5.1 Cálculo de las pérdidas en los conductos

Se va a calcular las pérdidas de los conductos que transcurren por el exterior, separando las pérdidas de las tuberías de ida a los colectores y a la vuelta. Ya que tienen temperatura muy diferentes.

Los resultados del cálculo de las pérdidas en los conductos entre el intercambiador de calor del circuito primario y los colectores son los que se observan en la Tabla 61.

Mes	$Q_{\text{perdidas_conductosIDA}} \text{ (W)}$	$Q_{\text{perdidas_conductosVUELTA}} \text{ (W)}$
Enero	869,48	918,58
Febrero	862,19	921,05
Marzo	791,41	855,32
Abril	788,42	853,87
Mayo	1.510,41	1.545,24
Junio	1.434,82	1.479,26
Julio	1.435,71	1.487,65
Agosto	1.445,95	1.498,22
Septiembre	1.493,97	1.538,5
Octubre	647,88	714,36
Noviembre	760,35	815,58
Diciembre	857,03	905,33

Tabla 61. Pérdidas en los conductos para Calefacción y Refrigeración

9.5.2 Cálculo de las pérdidas en el tanque de almacenamiento

Se vuelve a realizar los mismos cálculos que los realizados en la instalación de ACS pero con los datos de esta instalación. Obteniendo los resultados de la Tabla 62.

Mes	$Q_{\text{tanque almacenamiento}} \text{ (W)}$
Enero	48,506
Febrero	48,524
Marzo	45,063
Abril	45,417
Mayo	110,567
Junio	109,348
Julio	110,879
Agosto	111,518
Septiembre	112,037
Octubre	37,994
Noviembre	42,302
Diciembre	47,775

Tabla 62. Pérdidas en el tanque de almacenamiento para Calefacción y Refrigeración

9.6 Diseño del área de captación necesaria para el cumplimiento de la normativa con pérdidas

9.6.1 Sistema de ecuaciones

Ahora el sistema de ecuaciones se modifica de la misma forma que en ACS.

Las ecuaciones que son igual que en ACS, pero cambiando la temperatura de red por temperatura de retorno son:

- Balance de energía en el colector solar
- Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida.
- Balance de energía en el intercambiador de calor.
- Eficiencia en el intercambiador de calor.
- Balance en el tanque de acumulación
- Temperatura media del tanque de acumulación
- Grado de estratificación en el tanque
- Pérdidas en los conductos de entrada al colector
- Pérdidas en los conductos de salida al colector

Las ecuaciones que cambian son:

Fracción solar

Consiste en la contribución anual porcentual que relaciona la energía aportada con respecto a la energía demandada, tanto en calefacción como en refrigeración.

$$f_{calefacción} = \frac{T_{cons} - T_{ret}}{T_{impulsión} - T_{ret}} \quad (151)$$

$$f_{refrigeración} = \frac{Q_e}{Q_{termica} \cdot \frac{\text{horas de funcionamiento}}{\text{horas de sol}}} \quad (152)$$

T_{cons} : Temperatura de salida del tanque y de consumo (K)

T_{ret} : Temperatura de retorno del suelo radiante o máquina de absorción (K)

$T_{impulsión}$: Temperatura de impulsión del suelo radiante o máquina de absorción (K)

Q_e : Potencia frigorífica aportada por la máquina de absorción (10.000 W)

$Q_{termica}$: Cargas térmicas (W)

$Q_{perdidas}$: Suma de todas las pérdidas, tanque y conductos (W)

$f_{calefacción}$: Fracción de energía aportada para calefacción.

$f_{refrigeración}$: Fracción de energía aportada para refrigeración.

Variables a obtener en el sistema de ecuaciones:

T_{ici} : Temperatura de entrada del fluido en el intercambiador (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

T_{ci} : Temperatura de entrada del fluido en el colector (K)

T_{co} : Temperatura de salida del fluido en el colector (K)

T_t : Temperatura media del tanque (K)

T_{ico} : Temperatura de salida del fluido en el intercambiador (K)

T_m : Temperatura media entre la temperatura de entrada del fluido en el colector y su salida (K)

$T_{ciPerdidas}$: Temperatura de salida del circuito primario en el intercambiador (K)

$T_{coPerdidas}$: Temperatura de entrada del circuito primario en el intercambiador (K)

$f_{calefacción}$: Fracción de energía aportada para calefacción.

$f_{refrigeración}$: Fracción de energía aportada para refrigeración.

9.6.2 Resultados con pérdidas

Una vez calculadas la pérdidas, se comenzara a iterar para resolver el sistema de ecuaciones. Se ha elegido para el cálculo la inclinación 40,51° y área de colector 88,8 m².

En la Tabla 63 se muestran todas las temperaturas por meses y el factor de demanda dado.

Mes	T_{ci} (°C)	T_{co} (°C)	$T_{ciPerdidas}$ (°C)	$T_{coPerdidas}$ (°C)	T_{ici} (°C)	T_{ico} (°C)	T_t (°C)	T_{cons} (°C)	$f_{calefacción}$	$f_{refrigeración}$
En	40,348	42,307	40,438	42,212	38,664	40,298	38,862	39,221	0,303	0
Feb	41,435	43,783	41,524	43,687	39,361	41,353	39,565	40,012	0,445	0
Mar	41,614	44,139	41,696	44,051	39,341	41,51	39,532	40,026	0,574	0
Ab	42,221	44,808	42,303	44,72	39,886	42,112	40,046	40,562	0,75	0
My	74,493	75,956	74,65	75,796	73,504	74,559	73,548	73,801	-	0,392
Jn	77,526	79,365	77,674	79,212	76,137	77,553	76,192	76,533	-	0,256
Jl	79,738	81,865	79,887	81,711	78,063	79,743	78,127	78,531	-	0,224
Ag	79,87	82,016	80,02	81,861	78,179	79,875	78,243	78,651	-	0,225
Sep	77,479	79,325	77,634	79,166	76,101	77,513	76,157	76,496	-	0,315
Oct	40,858	43,498	40,925	43,424	38,426	40,728	38,627	39,152	0,614	0
Nov	39,334	41,532	39,413	41,447	37,379	39,252	37,591	38,007	0,372	0
Dic	40,121	42,045	40,209	41,951	38,468	40,072	38,67	39,021	0,283	0

Tabla 63. Resultados para la instalación de Calefacción y Refrigeración con pérdidas

Los resultados que se observan son coherentes, ya que las pérdidas hacen bajar la temperatura y no hay ningún resultado desproporcionado.

En cuanto al factor anual de calefacción, se obtiene 44,4% y para refrigeración se obtiene el 27%

El factor anual se ha calculado con la fórmula 153 y 154:

$$f_{anualCalef} = \frac{\sum_{i=1}^4 m_i \cdot C_{p_i} \cdot (T_{co} - T_{ci}) + \sum_{i=10}^{12} m_i \cdot C_{p_i} \cdot (T_{co} - T_{ci}) - \sum_{i=1}^4 Q_{perdidas} - \sum_{i=10}^{12} Q_{perdidas}}{\sum_{i=1}^4 m_{cons} \cdot C_{p_{cons}} \cdot (T_{impulsion} - T_{ret}) + \sum_{i=10}^{12} m_{cons} \cdot C_{p_{cons}} \cdot (T_{impulsion} - T_{ret})} \quad (153)$$

$$f_{anualRefri} = \frac{\sum_{i=5}^9 Q_e}{\sum_{i=5}^9 Q_{termica}} \quad (154)$$

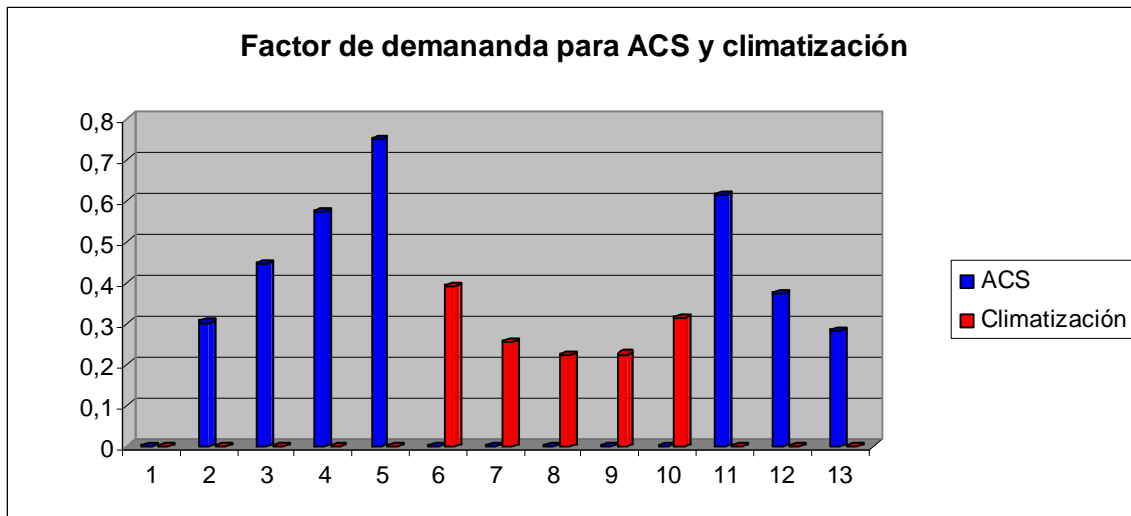


Figura 57. Factor de demanda para Calefacción y Refrigeración con pérdidas

Para comprobar que el sistema de ecuaciones se ha implementado correctamente se ha resultado la fórmula 155. Para ello se va a calcular la energía de la instalación completa. Si el sistema de ecuaciones está bien, el balance 155 debería dar 0.

$$E_{entrada} - E_{salida} = \sum_{i=1}^{12} m_i \cdot C_{p_i} \cdot (T_{co} - T_{ci}) - \sum_{i=1}^{12} m_{cons} \cdot C_{p_2} \cdot (T_{cons} - T_{ret}) + \sum_{i=1}^{12} Q_{perdidas} = 4,36610^{-11} W \quad (155)$$

Se observa que es prácticamente 0. El sistema de ecuaciones está bien resuelto y se aprovecha toda la energía que llega a los colectores.

9.7 Cálculo del resto de componentes de la instalación de climatización

9.7.1 Caldera de apoyo para la instalación de climatización

La caldera de apoyo se va a calcular de diferente manera a como se hizo en ACS, aquí se calculará de con la expresión 156.

$$Q_{caldera} = Q_{termica} \cdot (1 - f_{Calefacción}) \quad (156)$$

La demanda sin refrigerar se calcula por medio de la ecuación 157.

$$Q_{SinRefrigerar} = (Q_{termica} - Q_e) \quad (157)$$

Mes	Demanda sin calefactor (kW)	Demanda sin refrigerar (kW)
Enero	30,9	-
Febrero	22,503	-
Marzo	16,401	-
Abril	7,911	-
Mayo	-	15,53
Junio	-	29,03
Julio	-	34,71
Agosto	-	34,439
Septiembre	-	21,704
Octubre	13,701	-
Noviembre	26,706	-
Diciembre	32,324	-

Tabla 64. Demanda de Calefacción y Refrigeración sin aporte

Para satisfacer la demanda se utilizará una caldera de 35 kW de potencia, ISOFASTA F 35 H-MOD NATURAL de gas natural.

Para satisfacer la demanda de frío no se puede utilizar la caldera, a no ser que no se llegue a la temperatura de impulsión de la máquina de absorción. Otra opción, es poner una máquina de absorción de mayor potencia y con los colectores solares precalentar el agua y con la caldera terminar de calentar el agua a la temperatura de impulsión de la máquina de absorción.

El sistema más económico para satisfacer la demanda de frío es utilizar máquinas de compresión mecánica. Se a utilizado 2 unidades exteriores de 20 kW y 8 interiores de 5 kW de la marca Hatechi. En el anexo se puede encontrar las características técnicas.

9.7.2 Cálculo del resto de componentes

Para el cálculo del resto de los componentes se va a realizar de la misma forma que en ACS.

Vamos a exponer una tabla con todos los componentes de la instalación que necesitamos:

Circuito primario	Elementos	Circuito secundario	Elementos	Circuito terciario	Elementos
Intercambiador	48,3 kW	Tanque	5.000 litros	Caldera	32,3 kW
Bomba	5,163 kW	Bomba	186,306 W	Vaso de expansión	5 litros
Vaso de expansión	38,536 litros	-	-	-	-

Tabla 65. Componentes de la instalación de Calefacción y Refrigeración

9.7.3 Sistema de regulación y control

El sistema de regulación y control de la instalación será el mismo que el de la instalación de ACS, excepto que tendremos un sistema de control adicional para gestionar las aplicaciones de climatización.

CAPÍTULO 10. Mantenimiento de la instalación

10.1 Introducción

Las tareas de mantenimiento y conservación de la instalación se rigen según el CTE DB-HE 4.4. Mantenimiento [33], las cuales están destinadas a preservar la fiabilidad y prolongar en la medida de lo posible la vida útil de la instalación. En el CTE se definen dos escalones complementarios de actuación:

- Plan de vigilancia.
- Plan de mantenimiento preventivo.

10.2 Plan de vigilancia

Se refiere a las operaciones que permiten asegurar que los valores operacionales de la instalación son los correctos. Es un plan de observación simple de los parámetros funcionales principales, como son la energía o la tensión, para verificar el correcto funcionamiento de la instalación.

A continuación se detalla el plan de vigilancia a seguir:

Elemento de la instalación	Operación	Frecuencia	Descripción
Captadores	Limpieza de cristales	Por determinar	Con agua y productos adecuados
	Cristales	3 meses	Inspección visual de las condensaciones en las horas centrales del día
	Juntas	3 meses	Inspección visual de agrietamientos y deformaciones
	Absorbedor	3 meses	Inspección visual de corrosiones, deformaciones, fugas, etc.
	Conexiones	3 meses	Inspección visual de fugas
	Estructura	3 meses	Inspección visual de la degradación, indicios de corrosión
Circuito Primario	Tubería, aislamiento y sistema de llenado	6 meses	Inspección visual de la ausencia de humedad y fugas
	Purgador manual	3 meses	Vaciar el aire del botellín
	Termómetro	Diaria	Inspección visual de la temperatura
Circuito Secundario	Tubería y aislamiento	6 meses	Inspección visual de ausencia de humedades y fugas

	Acumulador solar	3 meses	Purgado de la acumulación de lodos en la parte inferior del depósito
--	------------------	---------	--

Tabla 66. Plan de vigilancia de la instalación

10.3 Plan de mantenimiento preventivo

Consistente en las inspecciones visuales, verificación de actuaciones y otros, que aplicados a la instalación deben permitir mantener dentro de los límites aceptables las condiciones de funcionamiento, prestaciones, protección y durabilidad de la instalación. Debe ser realizado por personal técnico cualificado.

La instalación tendrá un libro de mantenimiento en el que se reflejen todas las operaciones realizadas, incluyendo todas las operaciones de mantenimiento y sustitución de elementos fungibles o desgastados por el uso, necesarias para asegurar el correcto funcionamiento del sistema durante su vida útil.

A continuación se refleja en las siguientes tablas las maniobras de mantenimiento expuestas en el CTE.

Elemento de la instalación	Frecuencia	Descripción
Captadores	6 meses	Inspección visual de las diferencias sobre el original y entre captadores
Cristales	6 meses	Inspección visual de condensaciones y suciedad
Juntas	6 meses	Inspección visual de agrietamientos y deformaciones
Absorbedor	6 meses	Inspección visual frente a la corrosión y deformaciones
Carcasa	6 meses	Inspección visual sobre la deformación, oscilaciones y ventanas de respiración
Conexiones	6 meses	Inspección visual de la aparición de fugas
Estructura	6 meses	Inspección visual de la degradación, indicios de corrosión y apriete de tornillos

Captadores*	12 meses	Tapado parcial del campo de captadores
	12 meses	Destapado parcial del campo de captadores
	12 meses	Vaciado parcial del campo de captadores
	12 meses	Llenado parcial del campo de captadores

Tabla 67. Plan de mantenimiento para el sistema de captación (CTE)

*Operaciones a realizar en el caso de optar por las medidas b) o c) del apartado 2.1 (CTE).

Elemento de la instalación	Frecuencia	Descripción
Depósito	12 meses	Presencia de lodos en fondo
Ánodos sacrificio	12 meses	Comprobación del desgaste
Ánodos de corriente impresa	12 meses	Comprobación del buen funcionamiento
Aislamiento	12 meses	Comprobar que no hay humedad

Tabla 68. Plan de mantenimiento para el sistema de acumulación (CTE)

Elemento de la instalación	Frecuencia	Descripción
Intercambiador de placas	12 meses	Control de funcionamiento de la eficiencia y prestaciones. Limpieza
Intercambiador de espiral	12 meses	Control de funcionamiento de la eficiencia y prestaciones. Limpieza

Tabla 69. Plan de mantenimiento para el sistema de intercambio (CTE)

Equipo	Frecuencia	Descripción
Fluido refrigerante	12 meses	Comprobar su densidad y pH
Estanqueidad	24 meses	Efectuar prueba de presión
Aislamiento Exterior	6 meses	Inspección visual de la degradación de la

		protección de uniones y ausencia de humedad
Aislamiento Interior	12 meses	Inspección visual de las uniones y ausencia de humedad
Purgador automático	12 meses	Control de funcionamiento y limpieza
Purgador manual	6 meses	Vaciar aire del botellín
Bomba	12 meses	Estanqueidad
Vaso de expansión cerrado	6 meses	Comprobar presión
Vaso de expansión abierto	6 meses	Comprobación de nivel
Sistema de llenado	6 meses	Control de funcionamiento de actuación
Válvula de corte	12 meses	Control de funcionamiento de actuaciones (abrir y cerrar) para evitar agarrotamiento
Válvula de seguridad	12 meses	Control de funcionamiento de actuación

Tabla 70. Plan de mantenimiento para el circuito hidráulico (CTE)

Equipo	Frecuencia	Descripción
Cuadro eléctrico	12 meses	Comprobar que está siempre bien cerrado para que no entre polvo
Control diferencial	12 meses	Control de funcionamiento de actuación
Termostato	12 meses	Control de funcionamiento de actuación
Verificación del sistema de medida	12 meses	Control de funcionamiento de actuación

Tabla 71. Plan de mantenimiento para el sistema eléctrico y de control (CTE)

Equipo	Frecuencia	Descripción
Sistema auxiliar	12 meses	Control de funcionamiento de actuación
Sondas de temperatura	12 meses	Control de funcionamiento de actuación

Tabla 72. Plan de mantenimiento para el sistema de energía auxiliar (CTE)

Para el sistema auxiliar no se incluyen trabajos propios de mantenimiento.

Por último, se debe tener en cuenta el Real Decreto 865/2003, que establece los criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis.

CAPÍTULO 11. Estudio del Impacto Ambiental

11.1 Introducción

El objeto principal de esta instalación es conseguir un ahorro de energía, y por consiguiente un ahorro económico, para que la energía no tenga que ser generada mediante combustibles fósiles o empleada a partir de energía que en algún punto de su proceso de generación emita gases de efecto invernadero.

Las energías renovables encuentran dificultades para imponerse a las formas de generación de energía habituales, como centrales nucleares, hidráulicas, de gas, etc. Estas tienen un mayor tiempo de amortización, desfavorable relación entre potencia y tamaño de la instalación, dificultades de integración en determinadas zonas, falta de inversión en I+D+I, etc.

11.2 Consecuencias de la emisión de gases de efecto invernadero

El efecto invernadero se origina ya que la energía que llega del Sol, al proceder de un cuerpo de muy elevada temperatura, está formada por ondas de frecuencias altas que traspasan la atmósfera con gran facilidad. La energía remitida hacia el exterior desde la Tierra, al proceder de un cuerpo mucho más frío, está en forma de ondas de frecuencias más bajas, y es absorbida por los gases con efecto invernadero, siendo devueltas más lentamente, por lo que es mantenida más tiempo junto a la superficie, manteniendo la elevación de la temperatura.

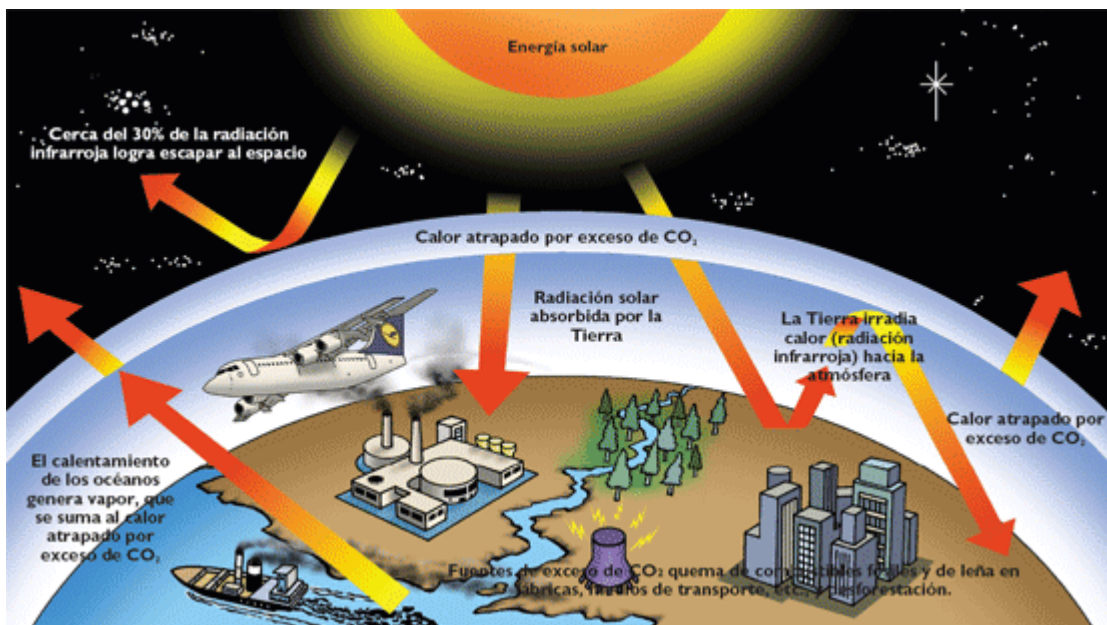


Figura 58. Efecto invernadero

Los principales gases que generan este efecto son el dióxido de carbono y el metano, aumentando las emisiones en torno al 0,4% al año.

Las consecuencias del efecto invernadero son, entre otras cosas, deforestación, desertización, inundaciones, huracanes, sequía o fusión de los casquetes polares.

11.3 Ahorro de emisiones de CO₂

Para esta instalación, se van a analizar por separado una instalación exclusiva de ACS y una instalación de ACS, calefacción y refrigeración.

11.3.1 Ahorro en emisiones de CO₂ en el uso exclusivo de ACS

Se va a usar la instalación de ACS compuesta por 21 colectores y cuya fracción de aporte energético es de 68,2%.

11.3.1.1 Demanda energética total y demanda de abastecimiento

Se calcula la demanda energética anual necesaria total y de abastecimiento para la instalación exclusiva de ACS para cada mes y anual, reflejada en la Tabla 73.

Mes	Demanda ACS (kWh)	Demanda abastecimiento ACS (kWh)
Enero	6.922,81	3.087,57
Febrero	5.917,92	3.355,46
Marzo	6.012,81	4.100,74
Abril	5.916,36	4.141,45
Mayo	5.714,07	4.234,13
Junio	5.310,44	4.556,35
Julio	4.738,82	4.738,82
Agosto	4.250,08	4.250,08
Septiembre	4.838,54	4.412,75
Octubre	5.272,28	3.822,40
Noviembre	5.762,39	3.077,12
Diciembre	6.675,57	2.937,25
ANUAL	67.332,07	46.714,11

Tabla 73. Demanda total y demanda de abastecimiento para la instalación exclusiva de ACS

11.3.1.2 Ahorro de emisiones de CO₂

Para el sistema de apoyo en esta instalación se ha escogido una caldera de gas natural, más ventajosa frente a las calderas de gasóleo ya que tienen un menor índice de emisiones de CO₂, calienta con eficacia, permite regular el consumo de manera independiente, no emana gases como el monóxido de carbono y no necesita almacenar el combustible.

Como desventaja principal es la necesidad de incrementar la frecuencia de revisión de esta instalación por motivos de seguridad.

A continuación se calculará en la Tabla 74 el ahorro en emisiones en el caso de usar una caldera de gas natural como sistema convencional con rendimiento del 90%, de acuerdo con el IDAE, el cual indica que el factor de emisión estimado para el Gas Natural es de 0,2012 kg de CO₂ por kW·h térmico.

Mes	Ahorro emisiones ACS (kg CO ₂)
Enero	690,24
Febrero	750,13
Marzo	916,74
Abril	925,84
Mayo	946,56
Junio	1.018,60
Julio	1.059,39
Agosto	950,13
Septiembre	986,49
Octubre	854,52
Noviembre	687,91
Diciembre	656,64
ANUAL	10.443,20

Tabla 74. Ahorro en emisiones de CO₂ para la instalación exclusiva de ACS

- Ahorro en emisiones de CO₂ anuales: 10.443,20 kg de CO₂.
- Ahorro en emisiones de CO₂ a los 25 años: 260.079,98 kg de CO₂.

11.3.2 Ahorro en emisiones de CO₂ en el uso de la instalación de ACS, calefacción y refrigeración

La instalación de ACS, calefacción y refrigeración está compuesta por 21 colectores para ACS y 40 colectores para climatización. La fracción de ACS es 68,2% y cuya fracción de calefacción es el 44,4% y para refrigeración es el 27%

11.3.2.1 Demanda energética total y demanda de abastecimiento

Aplicación de ACS

Es la misma que calculada en el punto anterior.

Aplicación de calefacción:

Mes	Demanda total Calefacción (kW·h)	Demanda abastecimiento Calefacción (kW·h)
Enero	16.484,06	4.994,67
Febrero	13.635,22	6.067,67
Marzo	14.333,16	8.227,23
Abril	11.404,80	8.553,60
Mayo	-	-
Junio	-	-
Julio	-	-
Agosto	-	-
Septiembre	-	-
Octubre	13.214,56	8.113,74
Noviembre	15.317,64	5.698,16
Diciembre	16.763,06	4.743,95
ANUAL	101.152,50	46.399,02

Tabla 75. Demanda energética total y demanda de abastecimiento para calefacción

Aplicación de refrigeración:

Mes	Demanda total Climatización (kW·h)	Demanda abastecimiento Climatización (kW·h)
Enero	-	-
Febrero	-	-
Marzo	-	-
Abril	-	-
Mayo	9.497,16	3.722,89
Junio	14.050,80	3.597,00
Julio	16.632,12	3.725,59
Agosto	16.531,31	3.719,54
Septiembre	11.413,44	3.595,23
Octubre	-	-
Noviembre	-	-
Diciembre	-	-
ANUAL	68.124,83	18.360,26

Tabla 76. Demanda energética total y demanda de abastecimiento para refrigeración

La demanda energética anual requerida y cubierta por la instalación de calefacción y refrigeración es:

Demanda energética anual requerida total = 169.277,33 kW·h

- Demanda energética anual cubierta total = 64.759,28 kW·h

11.3.2.2 Ahorro de emisiones de CO₂

Para el cálculo de las emisiones de calefacción se ha realizado el mismo procedimiento de cálculo que en ACS, el ahorro en emisiones en el caso de usar una caldera de gas natural como sistema convencional con rendimiento del 90%, de acuerdo con el IDAE, el cual indica que el factor de emisión estimado para el Gas Natural es de 0,2012 kg de CO₂ por kWh térmico.

Para el cálculo de las emisiones de refrigeración se ha realizado mediante máquinas de compresión mecánicas con el COP que nos facilita el fabricante de 4,42 y las emisiones de kg CO₂ por kWh eléctrico según el IDAE son 0,247.

Se calcula en la tabla 77 el ahorro en emisiones de dióxido de carbono para la instalación de calefacción y refrigeración.

Mes	Ahorro emisiones ACS (kg CO ₂)	Ahorro emisiones Calefacción (kg CO ₂)	Ahorro emisiones Climatización (kg CO ₂)
Enero	690,24	1.116,59	-
Febrero	750,13	1.356,46	-
Marzo	916,74	1.839,24	-
Abril	925,84	1.912,20	-
Mayo	946,56	-	208,04
Junio	1.018,60	-	201,01
Julio	1.059,39	-	208,20
Agosto	950,13	-	207,86
Septiembre	986,49	-	200,91
Octubre	854,52	1.813,87	-
Noviembre	687,91	1.273,86	-
Diciembre	656,64	1.060,54	-
ANUAL	10.443,20	10.372,76	1.026,01

Tabla 77. Ahorro en emisiones de CO₂ para cada aplicación en la instalación de ACS, calefacción y refrigeración

- Ahorro en emisiones de CO₂ anuales: 21.841,97 kg de CO₂.
- Ahorro en emisiones de CO₂ a los 25 años: 546.049,34 kg de CO₂.

11.3.3 Comparación de resultados

Según los resultados obtenidos, se ahorran más toneladas de CO₂ en la instalación de ACS, calefacción y refrigeración que en la otra instalación, ya que se tienen más colectores instalados.

Por el contrario, la proporción de ahorro es mayor en la instalación exclusiva de ACS. Ya que gran parte de las emisiones de CO₂ ahorradas corresponde a la parte de ACS. La parte de refrigeración se ahorra menos que en calefacción debido al alto COP de la máquina de compresión mecánica.

11.4 Emisiones de CO₂ del resto de componentes de la instalación

Existen numerosos sistemas en la instalación que consumen energía eléctrica para su funcionamiento, siendo las bombas de circulación de fluidos y la máquina de absorción los que más consumen.

- **Bombas:**

En la Tabla 78 se recogen los consumos y la emisión de CO₂ de las bombas de la instalación.

Elemento	Consumo eléctrico anual (kW·h)	Emisiones anuales de CO ₂ (kg)
WILO VerLine IPL 40/120 – 1,5/2	2.190	540,93
WILO VerLine IPL 40/70 – 0,12/2	175,2	43,27
WILO VerLine IPL 40/175 – 5,5/2	8030	1983,41
WILO VerLine IPL 30/90 – 0,25/2	365	90,15

Tabla 78. Consumo eléctrico y emisiones de CO₂ de las bombas de la instalación

- **Máquina de absorción y condensador:**

La máquina de absorción es también una fuente de emisiones de CO₂. Según el fabricante nos proporcionan las bombas para el sistema de refrigeración y para la distribución de frío. Por lo tanto, las emisiones anuales de CO₂ de la máquina de absorción son las recogidas en la Tabla 79.

Consumo anual (kW·h)	Emisiones anuales CO ₂ (kg)
72	17,78

Tabla 79. Consumo eléctrico y emisiones de CO₂ de la máquina de absorción

11.5 Impacto ambiental de los equipos de refrigeración

Un tema que no hay que olvidar en estas instalaciones es el impacto ambiental que tienen los equipos de refrigeración. Hay que tener en cuenta la GWP (potencial de calentamiento global-efecto invernadero), ODP (potencial de destrucción de Ozono), COP (eficiencia en el consumo de los equipos), vida en la atmósfera y las emisiones de los equipos.

El principal problema de la maquina frigorífica es la generación de gases de efecto invernadero en el consumo de la energía eléctrica. Esto se reduce en gran medida con la máquina de absorción ya que la energía consumida en calentar el fluido procede del colector solar.

11.5.1 Uso de refrigerantes y absorbentes

Según los apuntes de Calor y Frio de Antonio Soria [20] sobre los refrigerantes se puede concluir que en los equipos de absorción es mejor utilizar BrLi-Agua que Agua-Amoniaco como refrigerante. El BrLi-Agua tiene una alta estabilidad química, baja toxicidad, un nulo efecto contaminante y un coste medio que le hace más atractivo para esta tecnología.

11.6 Impacto visual de la instalación

El impacto visual de la instalación al ser en un espacio comercial prácticamente sería nulo. Será un espacio que casi no se vea desde el exterior, por lo no perjudicará al establecimiento.

Incluso la visión de este tipo de instalaciones puede ser positivo ya que se ofrece una imagen al exterior de la implicación activa por mejorar el medio ambiente.

Además, debido a la escasa superficie en la cubierta disponible para la colocación de las placas solares se hace imposible una ubicación diferente para mejorar el impacto visual.

11.7 Otras consideraciones de interés

Es importante mencionar que a la hora de evaluar las cantidades de CO₂ ahorrado en el uso de nuestra instalación no se ha tenido en cuenta la fabricación de los componentes, y esto ha sido porque no es sencillo conocer y evaluar la cantidad de CO₂ emitida en la producción de ellos y no es tan relevante como en las instalaciones de energía fotovoltaica.

CAPÍTULO 12. Análisis económico de la instalación

12.1 Introducción al análisis económico

El estudio económico tiene una gran importancia en el análisis de la conveniencia de utilizar este tipo de soluciones para aplicaciones de ACS, calefacción y refrigeración, frente a los sistemas más tradicionales utilizados como gasóleo o gas natural.

El estudio económico se va a dividir en dos partes. El primero en el estudio de la aplicación para ACS, y el segundo dedicado a la aplicación de ACS, calefacción y refrigeración.

Las principales variables económicas son:

- Coste inicial de la instalación: en el que se calcula la inversión inicial y con el que podemos obtener el periodo de retorno de la inversión.
- Subvenciones: ayudas económicas aportadas por instituciones públicas para el fomento de estas tecnologías.
- Costes de mantenimiento y operación.
- Ahorro económico: evaluar el dinero que dejamos de gastar aplicando nuestras soluciones frente a otras.
- Periodo de amortización de la instalación: tiempo en el que la instalación empieza a dar beneficios.

12.2 Coste inicial de la instalación

Para realizar el cálculo del coste inicial se tienen que conocer todos los costes de la adquisición e instalación de los equipos utilizados.

En principio el coste inicial más elevado en la instalación es el de los colectores, debido a su precio unitario y a los m² que se necesitan colocar.

12.2.1 Instalación de ACS

En las siguientes tablas, se va a especificar la marca, el modelo, el coste unitario de cada elemento y el coste total para la instalación de ACS, realizando una distinción para los distintos circuitos.

**Circuito
primario**

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Colector solar tubos de vacío	Salvador Escoda HEAT PIPE SUNMAX 30 58/1800	1.275,00	21	26.775,00
Soportes colector	SUNMAX 30/58	155,00	21	3255,00
Intercambiador de calor	SUICALSA IP220019NX08PTI	1.035,00	1	1.035,00
Tuberías de cobre	Instalación tubo cobre rígido 35 x 1 mm	7,60	174,24	1.324,22
Aislantes tuberías	Salvador Escoda espesor 40 mm	29,45	174,24	5.131,37
Vaso de expansión	Iberica del Calor Ergia Solar 18 SMF	25,96	1	25,96
Bombas	WILO IPL 40/120 - 1,5/2	1.345,00	1	1.345,00
Purgador	Giacomini R88I	76,00	1	76,00
Válvulas y tornillería	Salvador Escoda	510,00	1	510,00
Fluido de trabajo	Grupocompato Propilenglicol	5,25	213,5	1.120,88

Coste Total (€)

40598,43

Tabla 80. Coste de los elementos de la instalación de ACS para el circuito primario

**Circuito
secundario**

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Tuberías de cobre	Instalación tubo cobre rígido 35 x 1 mm	7,60	4	30,40
Aislantes tuberías	Salvador Escoda espesor 40 mm	29,45	4	117,80

Bombas	WILO IPL 40/70 - 0,12/4	826,00	1	826,00
Tanque	Salvador Escoda IMVV 2500RB	4.081	1	4.081,00
Válvulas y tornillería	Salvador Escoda	50	1	50,00

Coste Total (€)
5.105,20

Tabla 81. Coste de los elementos de la instalación de ACS para el circuito secundario

Circuito terciario

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Tuberías de cobre	Instalación tubo cobre rígido 35 x 1 mm	7,60	4	30,40
Aislantes tuberías	Salvador Escoda espesor 40 mm	29,45	4	117,80
Intercambiador de calor	SUICALSA IP220019NX08PTI	1.035,00	1	1.035,00
Bombas	WILO IPL 40/120 - 1,5/2	1.345,00	1	1.345,00
Bombas	WILO IPL 40/70 - 0,12/2	826,00	1	826,00
Válvulas	Salvador Escoda	120	1	120,00
Purgador	Giacomini R88I	66	1	66,00
Tanque ACS	Salvador Escoda CV 1000 SR	2.279,00	1	2.279,00
Vaso de expansión	Iberica del Calor Ergia Solar 5 SMF	19,02	1	19,02
Caldera de apoyo	JUNKERS 15kW Gas natural	756,68	1	756,68

Coste Total (€)
6.594,90

Tabla 82. Coste de los elementos de la instalación de ACS para el circuito terciario

Circuito de regulación y control

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Sistema de regulación y control	Salvador Escoda Centralita digital	708,17	1	708,17
Sistema de regulación y control	Salvador Escoda Sonda acumulador	105,2	1	105,2
Sistema de regulación y control	Salvador Escoda Sonda impulsión	89,72	1	89,72
Sensor de radiación	WatchDog, WD 3670	260	1	260
Termostato	Salvador Escoda ECOSOL	268	2	536

Coste Total (€)

1.699,09

Tabla 83. Coste de los elementos de la instalación de ACS para el sistema de regulación

Por lo tanto, el coste total inicial de la instalación de ACS es de **53.997,62 €**.

12.2.2 Instalación de ACS, calefacción y refrigeración

La instalación para ACS es exactamente igual que antes, con lo que el coste es el mismo.

A continuación se realiza el mismo proceso pero para una instalación de calefacción y refrigeración.

**Circuito
primario**

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Colector solar tubos de vacío	Salvador Escoda HEAT PIPE SUNMAX 30 58/1800	1.275,00	40	51.000,00
Soportes colector	SUNMAX 30/58	155,00	40	6.200,00
Intercambiador de calor	SUICALSA IP220025NX08	1.286,00	1	1.286,00
Tuberías de cobre	Instalación tubo cobre rígido 35 x 1 mm	7,60	377,81	2.871,36
Aislantes tuberías	Salvador Escoda espesor 40 mm	29,45	377,81	1.1126,50
Vase de expansión	Iberica del Calor Ergia Solar 50 SMR-P	86,69	1	86,69
Bombas	WILO VerLine IPL 40/175 – 5,5/2	2.250	2	4500
Purgador	Giacomini R88I	76,00	1	76,00
Válvulas y tornillería	Salvador Escoda	510,00	1	510,00
Fluido de trabajo	Grupocompato Propilenglicol	5,25	458,8	2408,70

Coste Total (€)

80.065,25

Tabla 84. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el circuito primario

**Circuito
secundario**

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Tuberías de cobre	Instalación tubo cobre rígido 35 x 1 mm	7,60	4	30,40
Aislantes tuberías	Salvador Escoda espesor 40 mm	29,45	4	117,80
Bombas	WILO IPL 30/90 - 0,25/2	856,00	1	755,00
Tanque	Salvador Escoda IMVV 5000RB	6.553	1	6.553,00
Válvulas y tornillería	Salvador Escoda	50	1	50,00

Coste Total (€)

7607,20

Tabla 85. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el circuito secundario

**Circuito
terciario**

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Tuberías de cobre	Instalación tubo cobre rígido 35 x 1 mm	7,60	4	30,40
Aislantes tuberías	Salvador Escoda espesor 40 mm	29,45	4	117,80
Intercambiador de calor	SUICALSA IP220025NX08	1.286,00	1	1.286,00
Bombas	WILO VerLine IPL 40/175 – 5,5/2	2.250	1	2250
Bombas	WILO IPL 30/90 - 0,25/2	856,00	1	755,00

Válvulas	Salvador Escoda	120	1	120,00
Purgador	Giacomini R88I	66	1	66,00
Caldera de apoyo	ISOFASTA F 35 H-MOD NATURAL	2.160,00	1	2.160,00
Vaso de expansión	Iberica del Calor Ergia Solar 5 SMF	19,02	1	19,02

Coste Total (€)

6.792,22

Tabla 86. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el circuito terciario

Circuito de regulación y control

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Sistema de regulación y control	Salvador Escoda Centralita digital	708,17	1	708,17
Sistema de regulación y control	Salvador Escoda Sonda acumulador	105,2	1	105,2
Sistema de regulación y control	Salvador Escoda Sonda impulsión	89,72	1	89,72
Sensor de radiación	WatchDog, WD 3670	260	1	260
Termostato	Salvador Escoda ECOSOL	268	2	536

Coste Total (€)

1699,09

Tabla 87. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el sistema de regulación

**Componentes del sistema de
calefacción**

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Tuberías suelo radiante	UPONOR, Wirsbo-EVALIPEX 40x3,7	1,8	1.620,25	2.916,45
Caja de colectores	UPONOR	150	1	150
Zócalo perimetral	UPONOR	1,55	186,48	289,044
Paneles portatubos	UPONOR	18,93	16	302,88
Film Polietileno	UPONOR	0,82	430	352,6
Control electrónico	UPONOR	430	1	430

Coste Total (€)

4440,97

Tabla 88. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el sistema de calefacción

**Componentes del sistema de
refrigeración**

Elemento	Marca y modelo	Coste Unitario (€)	Cantidad	Coste Total por elemento (€)
Tuberías techo refrescante	SUICALSA IP220007NX08	2,2	899,03	1.977,866
Máquina de absorción	SONNENKLIMA suninverse 10kW	20.000	1	20.000
Paneles	UPONOR	100	119	11.900
Caja de colectores	UPONOR	95	5	475
Kit colector con dos salidas	UPONOR	178	5	890
Aire acondicionado (unidad exterior)	Hitachi Utopia IVX Trifásica RAS-8HRNM (20 kW Refrigeración)	6.180	2	12.360
Conexión tuberías aire acondicionado	Hitachi Multikit de conexión de tuberías	240	2	480
Aire acondicionado (unidad interior)	Hitachi Cassette 4 Vías 600x600 RCIM-2FSN2 (5kW Refrigeración)	1.453	8	11.624

Mando aire acondicionado	Hatachi PC-ART mando por cable multifunción	158	1	158
--------------------------	---	-----	---	-----

Coste Total (€)
59.864,87

Tabla 89. Coste de los elementos de la instalación de climatización para el sistema de refrigeración

Por lo tanto, el coste total inicial de la instalación de calefacción y refrigeración es de **160.474,60 €**.

El coste de la instalación completa es de **214.472,22 €**.

12.3 Subvenciones

Se van a analizar las subvenciones que por parte de las instituciones competentes puedan ser útiles para hacer más rentable esta instalación.

La Comunidad de Madrid, en el Plan de Impulso a las Energías Renovables [34], tiene por objeto la promoción de actuaciones de utilización de fuentes de energía renovables en el ámbito territorial de la Comunidad de Madrid.

Esta instalación corresponde con el apartado de solar térmica de baja temperatura, donde se especifican las siguientes cuantías:

- Aplicaciones de refrigeración: 350 €/m² de superficie útil de captación (suma de las superficies de apertura de los captadores).
- Instalaciones con captadores solares planos en sectores no industriales: 225 €/m² de superficie útil de captación.
- Instalaciones con captadores solares planos en el sector industrial e instalaciones con tubos de vacío: 250 €/m² de superficie útil de captación.

En este proyecto se utilizaría para la instalación exclusiva de ACS la subvención referida a los tubos de vacío y para la instalación de climatización la subvención para refrigeración.

Con estos datos se puede calcular el total de la aportación, reflejado en la Tabla 90:

Instalación	Área útil de captación (m ²)	Subvención (€/m ²)	Importe total (€)
ACS	46,62	250	11.655
Climatización	88,8	350	31.080

Tabla 90. Subvenciones para cada instalación

A continuación se calcula en la Tabla 91 el coste de cada instalación incluyendo la subvención.

Instalación	Coste total (€)	Subvención (€)	Coste final (€)	Ahorro (%)
ACS	53.997,62	11.655	42.342,62	21,58
ACS y Climatización	214.472,22	42.735	171.737,22	19,92

Tabla 91. Coste final de la instalación y ahorro de las subvenciones

El Plan de Impulso a las Energías Renovables [34] se puede tramitar entre el 1/3/2012 y el 1/10/2012. Dado que se está fuera de plazo para su presentación, para el cálculo de las amortizaciones se van a hacer dos supuestos, uno con subvenciones y otro sin ellas.

12.4 Costes de mantenimiento y operación de la instalación

Se estiman los costes de mantenimiento y operación de la instalación en un 1% del coste total inicial. Por lo que los costes serán los que se muestran en la Tabla 92.

Instalación	Coste total (€)	Coste de mantenimiento y operación (€)
ACS	53.997,62	539,97
ACS y Climatización	214.472,22	2.144,72

Tabla 92. Coste de mantenimiento y operación para cada instalación

12.5 Ahorro económico de la instalación

El ahorro económico que se produce en la instalación es debido al combustible que no se utiliza y el CO₂ que no se emite.

12.5.1 Ahorro económico en combustible

Al utilizar estas instalaciones se deja de consumir una gran cantidad de kilovatios-hora anuales. Si las instalaciones fueran de una fuente de energía convencional, el cual usaría gas natural, produciría el siguiente ahorro:

El precio actual del gas natural ofrecido por la empresa Iberdrola es de 0,05263951 €/kWh [35].

12.5.1.1 Instalación de ACS

- Ahorro energético anual en la instalación de ACS: 46730,07 kWh
- $Ahorro_{ACS} = 46714,11 \text{ kWh} \cdot 0,05263951 \text{ €/kWh} = 2461,60 \text{ €}$ (158)

12.5.1.2 Instalación de ACS, calefacción y refrigeración

- Ahorro energético anual en la instalación de ACS: 46730,07 kWh
- $Ahorro_{ACS} = 46714,11 \text{ kWh} \cdot 0,05263951 \text{ €/kWh} = 2.461,60 \text{ €}$ (159)
- Ahorro energético anual en la instalación de calefacción: 46.399,02 kWh
- $Ahorro_{Calefacción} = 46.399,02 \text{ kWh} \cdot 0,05263951 \text{ €/kWh} = 2.442,42 \text{ €}$ (160)

El precio del kWh eléctrico según ha proporcionado la empresa Iberdrola es de 0,145578 €/kWh. Además hay que tener en el COP (kWf/kWe) de la máquina de compresión mecánica, el fabricante nos indica un COP = 4,42. Siendo más conservador, ya el COP facilitado por el fabricante es muy alto se va a estimar el ahorro con un COP = 2,5.

- Ahorro energético anual en la instalación de refrigeración: 16.360,26 kWh
- $Ahorro_{Refrigeración} = (16.360,26 \text{ kWhf} \cdot 0,145578 \text{ €/kWe}) / 2,5 \cdot \text{Kwhf/Kwe} = 952,78 \text{ €}$ (161)

Por lo tanto, el ahorro económico de combustible anual para la instalación de ACS, calefacción y refrigeración es de: 5.856,7 €

12.5.2 Ahorro económico en emisiones de CO₂

Un factor importante a tener en cuenta es el ahorro de emisiones de CO₂, ya que esto supone unos gastos considerables.

El Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono [36] actualiza todos los días el valor de este ahorro de emisiones de CO₂, siendo a día 28 de octubre de 2012 de 7,81 €/tm CO₂, para la Unión Europea.

12.5.2.1 Instalación de ACS

El ahorro anual en Kg de CO₂ es de 10.443,20 kg de CO₂

$$\text{Ahorro}_{\text{CO}_2} = 10,443 \text{ tm CO}_2 \cdot 7,81 \text{ €/tm CO}_2 = 81,56 \text{ €} \quad (162)$$

12.5.2.2 Instalación de ACS calefacción y refrigeración

El ahorro anual en Kg de CO₂, calculado anteriormente es de 21.841,97 kg de CO₂

$$\text{Ahorro}_{\text{CO}_2} = 21,842 \text{ tm CO}_2 \cdot 7,81 \text{ €/tm CO}_2 = 170,58 \text{ €} \quad (163)$$

12.5.3 Gasto de los componentes

Es necesario conocer el gasto de los componentes de la instalación, al colocar las bombas y la máquina de absorción se está emitiendo CO₂ y gastando una energía a tener en cuenta. Se procede a su cálculo diferenciado por instalaciones:

12.5.3.1 Instalación de ACS

Para la instalación de ACS se utilizarán 4 bombas:

$$\text{- Gasto}_{\text{ACS}} = (2.190 \cdot 2 + 175,2 \cdot 2) \text{ kWh} \cdot 0,145578 \text{ €/kWh} = 688,64 \text{ €} \quad (164)$$

$$\text{- Gasto}_{\text{CO}_2} = (0,54 \cdot 2 + 0,04 \cdot 2) \text{ tm CO}_2 \cdot 7,81 \text{ €/tm CO}_2 = 9,06 \text{ €} \quad (165)$$

12.5.3.2 Instalación de ACS, calefacción y refrigeración

Para la instalación de calefacción y refrigeración se utilizarán 4 bombas y una máquina de absorción:

$$\text{- Gasto}_{\text{climatización}} = (8030 \cdot 2 + 90,15 \cdot 2 + 72) \text{ kWh} \cdot 0,145578 \text{ €/kWh} = 2.374,71 \text{ €} \quad (166)$$

$$\text{- Gasto}_{\text{CO}_2} = (1,983 \cdot 2 + 0,09 \cdot 2 + 0,018) \text{ tm CO}_2 \cdot 7,81 \text{ €/tm CO}_2 = 32,52 \text{ €} \quad (167)$$

$$\text{- Gasto}_{\text{completa}} = 688,64 \text{ €} + 2.374,71 \text{ €} = 3063,35 \text{ €} \quad (168)$$

$$\text{- Gasto}_{\text{completaCO}_2} = 9,06 \text{ €} + 32,52 \text{ €} = 41,58 \text{ €} \quad (169)$$

12.5.4 Ahorro económico total

12.5.4.1 Instalación de ACS

El ahorro económico total de la instalación de ACS es de: 1.845,46 €.

12.5.4.2 Instalación de calefacción y refrigeración

El ahorro económico total de la instalación de calefacción y refrigeración es de: 2.922,35 €.

12.6 Periodo de amortización de la instalación

El tiempo de vida útil de este tipo de instalación se considera aproximado a unos 20 o 25 años, por lo que la amortización tiene que ser anterior para poder apreciar un ahorro económico. El periodo de amortización se obtiene en el momento en el que la instalación empieza a dar beneficios, los cuales se obtienen de la siguiente expresión:

$$B = A_a \cdot \sum_{n=1}^{25} \left(\frac{1+c}{1+i} \right)^n - C_m \cdot \sum_{n=1}^{25} \left(\frac{1+e}{1+i} \right)^n - I \quad (170)$$

Donde:

A_a : ahorro anual de combustible y emisión.

c : incremento en tanto por uno del precio del combustible

i : inflación anual en tanto por uno

C_m : costes de mantenimiento y operación. Tabla 92.

e : tipo de interés anual en tanto por uno. Tabla 92.

I : inversión inicial de la instalación

En el Instituto Nacional de Estadística [37] se han obtenido los datos recogidos en el año 2011.

i : 0,024

c : 0,2207 (subida media anual desde el año 2009 hasta 2011)

e : 0,04

Finalmente, introduciendo los costes de mantenimiento y operación, el ahorro total en combustible y emisiones será lo reflejado en la tabla 93:

Año	Beneficios ACS (€) sin subvención	Beneficios ACS (€) con subvención	Beneficios Completa (€) sin subvención	Beneficios Completa (€) con subvención
1	-52.346,07	-41.083,45	-213.166,75	-170.431,75
2	-50.280,51	-39.017,89	-211.226,13	-168.491,13
3	-47.719,88	-36.457,26	-208.522,34	-165.787,34
4	-44.567,56	-33.304,94	-204.902,7	-162.167,7
5	-40.708,32	-29.445,7	-200.185,09	-157.450,09
6	-36.004,81	-24.742,19	-194.152,29	-151.417,29
7	-30.293,22	-19.030,6	-186.545,29	-143.810,29
8	-23.378,28	-12.115,66	-177.055,21	-134.320,21
9	-15.027,18	-3.764,56	-165.313,73	-122.578,73
10	-4.962,37	6.300,25	-150.881,7	-108.146,7
11	7.147,06	18.409,68	-133.235,47	-90.500,47
12	21.695,58	32.958,2	-111.750,75	-69.015,75
13	39.153,5	50.416,12	-856.83,17	-42.948,17
14	60.081,48	71.344,1	-54.145,29	-11.410,29
15	85.147,89	96.410,51	-16.079,09	26.655,91
16	115.149,54	126.412,16	29.776,81	72.511,81
17	151.036,31	162.298,93	84.926,18	127.661,18
18	193.940,59	205.203,21	151.161,78	193.896,78
19	245.212,3	256.474,92	230.620,87	273.355,87
20	306.460,71	317.723,33	325.851,36	368.586,36
21	379.604,25	390.866,87	439.890,72	482.625,72
22	466.929,87	478.192,49	576.359,99	619.094,99
23	571.163,88	582.426,5	739.575,94	782.310,94
24	695.556,3	706.818,92	934.684,64	977.419,64
25	843.981,47	855.244,09	1.167.820,81	1.210.555,81

Tabla 93. Beneficio de cada instalación a lo largo de su vida útil

A la luz de los resultados de la Tabla 93, se empieza a obtener beneficios 11 años después de comenzar a usar la instalación solar exclusiva de ACS. A partir de ese punto, todo lo que rente la instalación será beneficio para sus propietarios.

En cambio, la instalación de ACS y climatización tarda 6 años más en dar beneficios, esto es, su período de amortización es superior comparado con la instalación de ACS.

Cabe destacar la poca influencia que tienen las subvenciones en el período de amortización. Es un dinero importante que incentiva a utilizar las energías renovables, pero desde el punto de vista económico no es un factor determinante a la hora de viabilidad del proyecto.

En la Figura 59 se puede observar que la instalación ACS y climatización tarda más en amortizarse pero debido al mayor ahorro económico que se produce en esta instalación, ésta tiene una curva de beneficio más pronunciada.

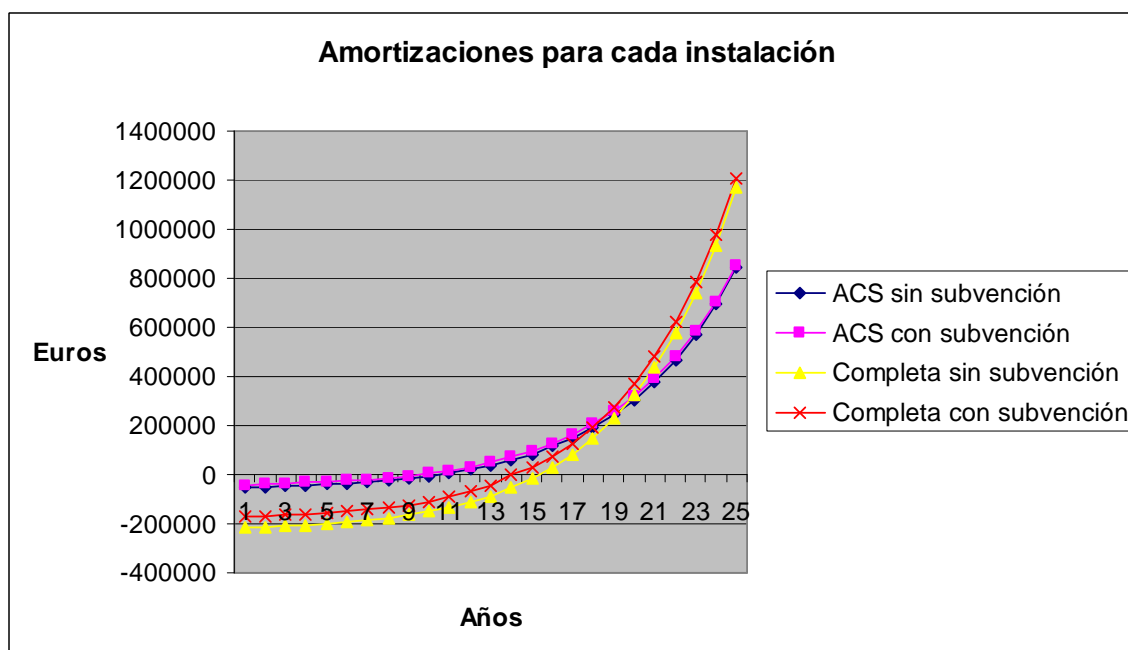


Figura 59. Beneficio de cada instalación a lo largo de su vida útil

CAPÍTULO 13. Conclusiones

13.1 Conclusiones para cada instalación

En este punto se van a exponer las conclusiones finales de la instalación, analizando la viabilidad de cada instalación. Además, se incluye un análisis de futuras alternativas de estudio.

13.1.1 Conclusiones instalación de ACS

La instalación solar está compuesta por 21 colectores ($46,62 \text{ m}^2$) de tubo de vacío destinada a abastecer exclusivamente la demanda de ACS. La instalación cubre la fracción solar mínima estipulada en el CTE el 60%. La instalación diseñada aporta el 68,2% de energía necesaria para calentar el agua a 60°C . Se ha diseñado de forma que no solo se llegue al mínimo de fracción solar, el motivo es que cuanto más fracción se aporte más ahorro de combustible habrá y la potencia de la caldera de apoyo será de menor. Para establecer el límite máximo seguimos la norma marcada por el CTE, la cual, marca que no se puede aportar más del 110% de la demanda en un mes ni el 100% durante 3 meses seguidos. Esta última condición es la que limita la instalación, al aportar más del 100% de demanda en los meses de julio y agosto y no poder destinar el excedente a otro propósito.

En cuanto a la inclinación, se ha estudiado dos inclinaciones. La primera para una inclinación igual a la latitud ($40,51^\circ$), en la cual, beneficia a todas las estaciones del año por igual. Y la segunda a una inclinación que beneficiase a los meses de invierno ($50,51^\circ$). El motivo de este estudio es debido a que el límite máximo del área de colector lo marca los meses de verano, llegando al 100% de la demanda abastecida. Si se diseña la instalación para favorecer los meses de invierno, en los meses de verano baja la fracción y se puede aumentar el área de colector. En el estudio se observa que está hipótesis es correcta, aunque la fracción solar anual disminuye. Con esto hay dos alternativas, escoger $40,51^\circ$ y obtener más fracción de demanda por metro de colector o escoger $50,51^\circ$ y aumentar el área de colector y poder aumentar la fracción solar anual. En la instalación del local se ha elegido la primera opción debido al escaso espacio disponible en la cubierta para la colocación de los colectores. Cabe destacar que la diferencia entre una inclinación u otra es muy baja, esto es debido a la utilización de colectores de tubo de vacío que tienen la característica de poder tener una gran variación de inclinaciones sin afectar excesivamente a las pérdidas.

La rentabilidad de instalación queda confirmada, obteniendo beneficios a partir del undécimo año. Esto implica que durante algo más de la mitad de la vida de la instalación solar exclusiva de ACS está aportando beneficios, justificando su diseño. Hay que destacar la escasa repercusión de las subvenciones en la vida útil de la instalación. Es una manera de incentivar las energía renovables pero no es un factor determinante a la hora de instalarla.

Otro aspecto importe a mencionar es el ahorro de CO_2 . La instalación tiene un ahorro de $261.079,78 \text{ kg}$ de CO_2 a lo largo de su vida útil. Para hacerse una idea a lo que equivale ese dato se va a comparar con lo que emite un turismo. Se ha elegido el nuevo Clio 2012 con unas emisiones de 99 g/km , para una vida útil de 200.000 km . Las

emisiones de la vida útil del turismo son 19.800 kg. Con estos datos el ahorro de emisiones de la instalación equivale a más de 13 turismos.

13.1.3 Conclusiones instalación de ACS y Climatización

La instalación solar completa está compuesta por 21 colectores para la demanda de ACS ($46,62 \text{ m}^2$) y 40 colectores ($88,8 \text{ m}^2$) para la demanda de climatización del local. Se cumple también con el aporte mínimo necesario obligatorio para ACS. Para climatización no hay un aporte mínimo obligatorio. Son dos instalaciones independientes, los componentes utilizados son exclusivos para cada instalación.

La aplicación de calefacción queda cubierta con el 44,4% no llegando al 100% de la demanda en ningún mes debido al llegar al límite de área disponible en la cubierta para la colocación de colectores solares. Es un gran aporte de calefacción lo que supone un gran ahorro de combustible y emisiones de CO_2 .

La aplicación de refrigeración queda cubierta al 27%, el aporte es menor que en calefacción. Esto es debido a que la generación de frío necesita una temperatura mucho mayor que en calefacción y las pérdidas son mayores. Se necesita una temperatura de impulsión que es marcada por la máquina de absorción, para la máquina elegida es de 75°C .

Desde el punto de vista económico, la instalación se amortiza en 16 años. Hay que destacar que dicha amortización está ligada en mayor parte a ACS y menor a climatización ya que cubre menor demanda. El ahorro no es muy importante ya que el COP de la máquina de compresión mecánica es alto para refrigeración. Comparándola con la instalación exclusiva de ACS, el coste inicial es mayor y la amortización se hace a más años, en cambio, debido al mayor ahorro en combustible y emisiones el beneficio obtenido al final de la vida útil es bastante mayor. A la hora de elegir una instalación u otro, hay dos opciones: una opción con menor gasto inicial y menor ahorro al final de la vida útil de la instalación o un gasto inicial mayor y un ahorro al final de la vida útil de la instalación mayor.

Un aspecto importante a tener en cuenta es el área de captación disponible. Para el local estudiado se tiene un área limitada para la colocación de los colectores, esto hace que no se llegue al límite máximo de demanda en climatización. Si se pudiera aumentar el área de captación la rentabilidad de la instalación aumentaría.

La instalación solar completa ahorra 546.049,34 kg de CO_2 a lo largo de su vida útil. Análogamente a lo anterior, este dato es equivalente a las emisiones que produce un turismo. Con el modelo Clio 2012 con un consumo de 99 g/km y para una vida útil de 200.000 km. Las emisiones de la vida útil del turismo son 19.800 kg. Con estos datos el ahorro de emisiones de la instalación equivale a más de 28 turismos. Lo que supone un gran ahorro de CO_2 .

13.2 Mejoras propuestas

Este estudio se ha realizado tomando datos mensualmente, dada la variabilidad del clima de España, con cambios continuos del clima dándose en un mismo mes temperaturas cercanas a 30°C y mínimas a 0°C hace el estudio mensual muy variable dependiendo de los datos elegidos. Para hacer frente a este problema se podría hacer un estudio por días para todo el año o incluso un estudio por horas para tener unos resultado más reales.

Se ha realizado el estudio de la instalación de ACS y climatización independientes, se podría hacer un estudio conjunto. Con esto se conseguiría un aumento de área de colector ya que la energía excedente de una parte de la instalación podría ser usada en la otra parte. También habría que ver los problemas al compartir elementos y las repercusiones que tendría en la fracción solar anual de cada instalación.

En el instalación de refrigeración se ha utilizado una máquina de absorción, se podría estudiar otro tipo de sistemas. Además, se podría ver la repercusión de utilizar techo refrescante o fan coils.

Por último, para el cálculo de las emisiones de CO₂ se podría tener en cuenta el proceso de fabricación de los componentes. Con esto se daría más precisión al cálculo del ahorro real.

13.3 Futuros estudios.

Se propone un estudio de la instalación desde el punto de vista no estacionario, es decir, teniendo en cuenta las inercias térmicas. Con esto se conseguiría asemejarlo mucho más a la realidad

Otros estudios que se propone es la dedicada al estudio que aproveche la energía de otros anillos de calor para reducir las pérdidas en las tuberías y en el tanque de almacenamiento.

Por último, se podría comparar la instalación con tubos de vacío con una instalación convencional de placas planas. Comparando la rentabilidad de cada instalación.

CAPÍTULO 14. Bibliografía

14.1 Libros

- Bedoya Frutos, C y Neila González, J: “Técnicas de acondicionamiento ambiental: Fundamentos arquitectónicos”. Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas. Universidad Politécnica de Madrid. (Ed. Fundación Universidad Politécnica, 1ª Edición). Año 1992
- Pizzetti, C.: “Acondicionamiento del aire y Refrigeración”. (Ed. Bellisco, 1ª Edición). Año 1991
- Viti, A.: DTIE 1.01: “Documentos Técnicos de Instalaciones en la Edificación 1.01”, Preparación de agua caliente para usos sanitarios. (Ed. ATECYR, El Instalador). Año 2004
- Incropera, F.P. y De UIT, D.P.: “Fundamentos de Transferencia de Calor” (Ed. Prentice Hall, 4ª Edición). Año 1999
- Dffie, J.A, y Beckmann, W.A. Solar Engineering of Thermal Processes (Ed. John Wiley & Sons). Año 2006

14.2 Normativa

- CTE: “Codigo Técnico de la Edificación”, HE4 Contribución solar minima de agua caliente sanitaria. Ministerio de Vivienda. Año 2006
- RITE: Reglamento de Instalaciones Térmicas de Edificios. Ministerio de Industria Turismo y Comercio. Año 2006
- UNE 100001
- UNE 100-002-88
- UNE 100014IN

14.3 Apuntes de asignaturas

- De Vega, M. “Calor y Frío Industrial”. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Universidad Carlos III de Madrid.
- Soria, Antonio. “Calor y Frío Industrial”. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Universidad Carlos III de Madrid.
- Rodríguez, Javier. “Mecánica de Fluidos”. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Universidad Carlos III de Madrid.
- Rodríguez Aumente, P.A. “Ingeniería Térmica y de Fluidos”. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Universidad Carlos III de Madrid.

14.4 Tesis doctorales

- Rodríguez Hidalgo, Mª.C.: “Estudio en régimen transitorio de plantas solares térmicas de propósito múltiple: aplicación al diseño de instalaciones concebidas

para agua caliente sanitaria”. Tesis Doctoral, Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos, Año 2010

14.5 Recursos electrónicos

14.5.1 Documentos electrónicos

- IDEA: “Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía”. Ministerio de Industria Turismo y Comercio.
- UPONOR: “Manual Técnico para Instalaciones de Calefacción y Refrigeración por suelo de UPONOR”.
- UPONOR: “Manual Técnico de Climatización por Techo con UPONOR Confort Panel”.
- Manual para la implantación de Instalaciones de Energía Solar Térmica en viviendas. Consejería de empleo y Desarrollo Tecnológico.
- Plan de Promoción de la Energías Renovables. Comunidad de Madrid.
- Pliego de Condiciones Técnicas de Instalaciones de Baja Temperatura.

14.5.2 Páginas web

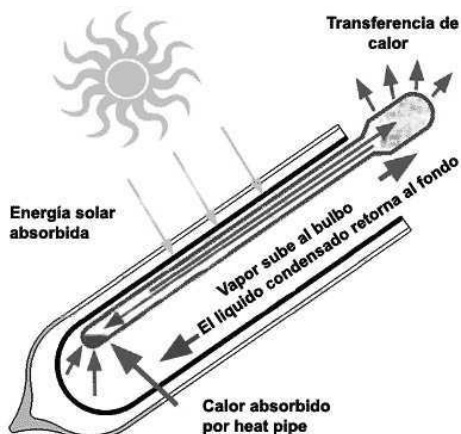
- Meteored: www.meteored.com/inm.html
- Instituto Nacional de Meteorología: www.aemet.es/es/portada
- Censolar: www.censolar.es
- Iberdrola: www.iberdrola.es
- Gas Natural-Fenosa: www.gasnatural.com
- Agencia Europea del Medioambiente: www.eea.europa.eu/es
- Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisión de Dióxido de CO₂: www.sendeco2.com
- Instituto Nacional de Estadística: www.ine.es
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía: www.idae.es
- UPONOR: www.uponor.es
- WILO: www.wilo.es
- Salvador Escoda: www.salvadorescoda.com
- Sensor Radiación WatchDog: www.pce-instruments.com/.../p5958_Sensor-de-radiacion-solar-WD-3670-para-WatchDog.html
- Purgador Giacomini: www.climatecnica.com/purgador-automatgico-giacomini-r88i.72.392.html
- Vaso de expansión: Ibericadelcalor.com
- Intercambiador: suicalsa.com
- Caldera: Isofast.com

14.6 Referencias

- [1] Sección HE 4 Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria.
- [2] CTE DB-HE 4.3. Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria – Cálculo y dimensionado.
- [3] CTE DB-HE 4.2, Contribución solar mínima de agua caliente sanitaria – Caracterización y cuantificación de las exigencias.
- [4] Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (en adelante RITE), en la sección “Condiciones interiores y exteriores de diseño”.
- [5] RITE, de las tablas 1.4.2.1 y 1.4.2.4 de la IT 1.1.4.2.3.
- [6] Normas UNE 100001, UNE 100-002-88 y UNE 100-014-IN.
- [7] Página web de la agencia estatal de meteorología AEMET www.aemet.es
- [8] Sanidad ambiental de la Comunidad de Madrid.
- [9] “Acondicionamiento del aire y Refrigeración” del libro de Carlos Pizzetti.
- [10] Calor y Frío Industrial de Mercedes Vega de la UC3M.
- [11] Página web www.ibersolar.com
- [12] Página web www.caloryfrio.com
- [13] Página web www.sitiosolar.com
- [14] Página web www.textoscientificos.com
- [15] Página web http://web.usal.es/~tonidm/DEI_07_comp.pdf
- [16] Página web www.termi-solar.com
- [17] IDAE. Pliego de condiciones técnicas de baja temperatura.
- [18] Página web www.faen.es
- [19] Apuntes de Calor y Frío Industrial de la UC3M de Antonio Soria.
- [20] Página web www.empresaeiciente.com
- [21] Página web <http://soluciones-eficiencia-energetica.blogspot.com.es>
- [22] Página web www.ehowenespanol.com
- [23] Página web sobre normativa de instalaciones eléctricas www.madrid.org/electricas
- [24] Página web www.ni.com
- [25] María Carmen Rodríguez-Hidalgo en “Estudio en régimen transitorio de plantas solares térmicas de propósito múltiple. Aplicación al diseño de instalaciones concebidas para agua caliente sanitaria. Tesis doctoral UC3M 2010”.
- [26] Página web <http://re.jrc.ec.europa.eu>
- [27] Apuntes de Ingeniería Térmica y de Fluidos de la UC3M.
- [28] Apuntes de Mecánica de Fluidos de la UC3M.
- [29] Manual Técnico Ibericadelcalor para vasos de expansión.
- [30] CTE DB-HS4, localizadas en el IDEA, Guía técnica de Agua Caliente Sanitaria Central.
- [31] Manual Técnico para Instalaciones de Calefacción y Refrigeración por suelo de UPONOR.
- [32] Manual Técnico de Climatización por Techo con UPONOR Confrot Panel.
- [33] CTE DB-HE 4.4. Mantenimiento.
- [34] Plan de Impulso a las Energías Renovables de la Comunidad de Madrid.
- [35] Página web www.iberdrola.es
- [36] Sistema Electrónico de Negociación de Derechos de Emisión de Dióxido de Carbono
- [37] Instituto Nacional de Estadística.

Anexo I. Fichas técnicas de los componentes de la instalación

04 COLECTORES SOLARES



• Colectores solares tubos de vacío HEAT PIPE

Los colectores de tubos de vacío HP ESCOSOL SUNMAX están fabricados con la tecnología más avanzada del tubo de vacío. Respecto al colector plano, tienen algunas ventajas que los hacen muy adecuados para determinado tipo de instalaciones.

ALGUNAS DE LAS VENTAJAS MÁS IMPORTANTES:

- El vacío minimiza las pérdidas por transmisión
- Facilidad de montaje, al no tener agua en el sistema de captación, los tubos se pueden montar en la fase final de la obra.
- La forma tubular aprovecha mejor la radiación solar.
- La ausencia de agua evita los problemas de deposiciones calcáreas o similares.
- El más adecuado para sistemas en los que la temperatura del agua es un factor importante (calefacción, balnearios, polideportivos...etc..) y/o existen grandes consumos de ACS durante todo el año.
- Diseño estético, posibilidad de reducir el ángulo de inclinación hasta 10°, con mínimas pérdidas de rendimiento.

Código	Artículo	€
SO 04 401	Colector HP Escosol SUNMAX 6 58/1800	390,00
SO 04 402	Colector HP Escosol SUNMAX 15 58/1800	673,00
SO 04 403	Colector HP Escosol SUNMAX 20 58/1800	886,00
SO 04 404	Colector HP Escosol SUNMAX 24 58/1800	1.028,00
SO 04 406	Colector HP Escosol SUNMAX 30 58/1800	1.275,00
<i>Soportación cubierta plana:</i>		
SO 04 441	Soportacion Escosol SUNMAX 6/58	38,00
SO 04 442	Soportacion Escosol SUNMAX 15/58	89,00
SO 04 443	Soportacion Escosol SUNMAX 20/58	114,00
SO 04 444	Soportacion Escosol SUNMAX 24/58	134,00
SO 04 446	Soportacion Escosol SUNMAX 30/58	155,00
<i>Soportacion cubierta inclinada:</i>		
SO 05 031	Soporte universal Escosol 4 pies + 16 fijaciones * Modelos SUNMAX 24 y SUNMAX 30 , aconsejable 6 pies por colector	73,00
SO 04 003	Tubo de vacío Heat Pipe 1800 x 58 mm	18,00

DATOS TÉCNICOS:

Modelo	SUNMAX 15/58	SUNMAX 15/58	SUNMAX 20/58	SUNMAX 24/58	SUNMAX 30/58
Material cabezal	Aluminio anodizado				
Material marco	Aluminio anodizado				
Material Heat Pipe	Cobre				
Núm. de tubos	6	15	20	24	30
Diámetro/longitud tubos	58/1800 mm				
Área apertura	0,57 m ²	1,42 m ²	1,89 m ²	2,27 m ²	2,48 m ²
Área total	1,033 m ²	2,4 m ²	3,16 m ²	3,77 m ²	4,07 m ²
Presión máx. operativa	6 bar				
Aislamiento	Lana roca				
Conexiones	22 mm				
Medidas en mm.	2030x509x105	2030x1100x105	2030x1600x105	2030x2000x105	2030x2500x105
Caudal test (área apertura)	91,5 Kg /h.m ²				
Pérdida de carga (área apertura)	< 13 Kpa	< 13 Kpa	< 14 Kpa	< 16 Kpa	< 20 Kpa
Peso	25 Kg	40 Kg	60 Kg	80 Kg	90 Kg
Ángulo trabajo	5-90 grados				
Máx. carga nieve	6 KN/m ²				
Máx. carga viento	300 Km/h				
Contraseña homolog.	GPS-8408				

SUNMAX	6	15	20	24	30
Eficiencia óptica η_0 (*)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
a1 W/(m ² k)	1,45	1,45	1,45	1,45	1,45
a2 W/(m ² k)	0,029	0,029	0,029	0,029	0,029
Área absorción por colector (*)	0,45	1,11	1,48	1,78	2,22

(*) Basado en área de proyección



Tubería de COBRE



PVP ORIENTATIVO CON VARIACIONES EN FUNCIÓN DEL MERCADO

tubo de cobre rígido



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210012	TUBO DE COBRE RÍGIDO 12 x 1mm	2,80 €
210015	TUBO DE COBRE RÍGIDO 15 x 1mm	3,07 €
210018	TUBO DE COBRE RÍGIDO 18 x 1mm	3,64 €
210022	TUBO DE COBRE RÍGIDO 22 x 1mm	4,41 €
210028	TUBO DE COBRE RÍGIDO 28 x 1mm	5,33 €
210035	TUBO DE COBRE RÍGIDO 35 x 1mm	7,60 €
210042	TUBO DE COBRE RÍGIDO 42 x 1mm	9,99 €
210054	TUBO DE COBRE RÍGIDO 54 x 1,2 mm	11,36 €
210064	TUBO DE COBRE RÍGIDO 64 x 1,5mm	18,71 €
210076	TUBO DE COBRE RÍGIDO 76 x 1,5mm	30,00 €
210088	TUBO DE COBRE RÍGIDO 88,9 x 2mm	37,13 €
210108	TUBO DE COBRE RÍGIDO 108 x 2,5mm	58,67 €

tubo de cobre recocido en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210506	TUBO DE COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 6 x 1mm	1,65 €
210508	TUBO DE COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 8 x 1mm	2,35 €
210510	TUBO DE COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 10 x 1mm	2,93 €
210512	TUBO DE COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 12 x 1mm	3,20 €
210515	TUBO DE COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 15 x 1mm	4,05 €
210518	TUBO DE COBRE RECOCIDO EN ROLLOS 18 x 1mm	5,07 €

tubo de cobre cromado en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210100	TUBO DE COBRE CROMADO EN ROLLOS 10 x 1mm	4,00 €
210101	TUBO DE COBRE CROMADO EN ROLLOS 12 x 1mm	4,57 €

tubo de cobre recocido para gas en rollos



CODIGO	DESCRIPCION	PVP
210116	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 15x1,5mm	9,45 €
210115	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 18x1,5mm	7,04 €
210117	TUBO COBRE RECOCIDO GAS ROLLOS 22x1,5mm	12,73 €

04 AISLAMIENTO TUBULAR FLEXIBLE «SOLAR HT»



L'ISOLANTE K-FLEX



SUMINISTRO
CAJA
COMPLETA



Código	Artículo					metro lineal €
	Ref.	Ø nominal	Ø Cobre	Ø Hierro	Cont. caja	
ESPESOR 30 mm						
AI 04 721	15 x 30	14/15	5/8"	1/4"	36	11,74
AI 04 722	18 x 30	18	3/4"	—	32	12,39
AI 04 723	22 x 30	22	7/8"	1/2"	32	13,10
AI 04 717	25 x 30	25	1"	—	40	10,84
AI 04 724	28 x 30	28	1-1/8"	3/4"	24	14,40
AI 04 725	35 x 30	35	1-3/8"	1"	22	16,21
AI 04 726	42 x 30	42	1-5/8"	1-1/4"	18	16,53
AI 04 727	48 x 30	—	1-7/8"	1-1/2"	18	18,87
AI 04 728	54 x 30	54	2-1/8"	—	16	20,91
AI 04 729	60 x 30	64	2-5/8"	—	12	23,07
AI 04 730	64 x 30	—	—	—	12	24,74
AI 04 731	76 x 30	76,1	2-7/8"	2-1/2"	10	28,29
AI 04 732	89 x 30	88,9	3-1/2"	3"	8	32,28
AI 04 733	114 x 30	114	4-1/2"	4"	6	37,97
AI 04 734	140 x 30	—	—	—	4	49,11
ESPESOR 40 mm						
AI 04 736	15 x 40	14/15	5/8"	1/4"	22	21,75
AI 04 737	18 x 40	18	3/4"	—	22	24,17
AI 04 738	22 x 40	22	7/8"	1/2"	22	25,05
AI 04 718	25 x 40	25	1"	—	16	25,85
AI 04 739	28 x 40	28	1-1/8"	3/4"	16	26,66
AI 04 740	35 x 40	35	1-3/8"	1"	16	29,45
AI 04 741	42 x 40	42	1-5/8"	1-1/4"	16	32,40
AI 04 742	48 x 40	—	1-7/8"	1-1/2"	12	36,77
AI 04 743	54 x 40	54	2-1/8"	—	10	40,25
AI 04 744	60 x 40	64	2-5/8"	—	10	42,86
AI 04 745	64 x 40	—	—	—	10	45,93
AI 04 746	76 x 40	76,1	2-7/8"	2-1/2"	10	52,09
AI 04 747	89 x 40	88,9	3-1/2"	3"	10	58,51
AI 04 748	114 x 40	114	4-1/2"	4"	6	73,16
AI 04 749	140 x 40	—	—	—	6	87,58
ESPESOR 50 mm						
AI 04 719	42 x 50	42	1-5/8"	1 1/4"	8	57,35
AI 04 720	48 x 50	48	—	1 1/2"	8	65,05
AI 04 751	54 x 50	54	2-1/8"	—	8	71,36
AI 04 752	60 x 50	60	2 3/8"	2"	8	76,14
AI 04 470	64 x 50	64	2 5/8"	—	8	80,50
AI 04 471	76 x 50	76	3"	2 1/2"	6	85,39
AI 04 469	89 x 50	89	3-1/8"	3"	6	94,63

• Pintura para aislamiento protección U.V.

Código	Artículo	€
IA 20 901	Bote 1 Kg GRIS	30,74
IA 20 902	Bote 1 Kg AZUL	30,74
IA 20 903	Bote 1 Kg BLANCO	30,74

AISLAMIENTO TUBULAR EN ROLLO «SOLAR HT»



Código	Artículo					Caja €
	Ref.	Ø nominal	Ø Cobre	Ø Hierro	Cont. caja	
AI 04 494 AI 04 495 AI 04 496	ESPESOR 13 mm					101,50 107,50 118,50
	15 x 13	15	5/8"	1/4"	25	
	18 x 13	18	3/4"	—	25	
	22 x 13	22	7/8"	1/2"	25	
AI 04 497 AI 04 498 AI 04 499	ESPESOR 19 mm					172,50 189,25 207,25
	15 x 19	15	5/8"	1/4"	25	
	18 x 19	18	3/4"	—	25	
	22 x 19	22	7/8"	1/2"	25	



WWW.EQUIPOCOMPACTO.ES

Energía solar térmica



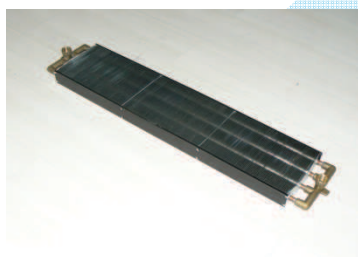
Tubería de acero inoxidable corrugado AISI 316
rollo 25 mts :

- | | |
|----------------------------------|----------|
| - Métrica 20 mm (tuerca de 1 “) | 144,75 € |
| - Métrica 16 mm (tuerca de 3/4”) | 112,50 € |



Coquilla de aislamiento térmico flexible barra de 2 mts:

- | | | |
|-----------|------------|-------|
| diametros | - 15-20 mm | 2.8 € |
| | - 22-20 mm | 2.8 € |



Disipadores de energía estaticos para instalaciones solares:

- | | |
|---------------------------------|-------|
| - 0.32 m2 y disipación de 2250w | 105 € |
| - 0.2 m2 y disipación de 1500 w | 67 € |



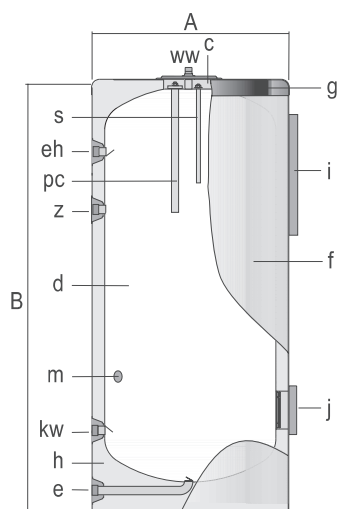
Propilenglicol puro 100% con aticorrosivos para mezclar 5,25 € litro



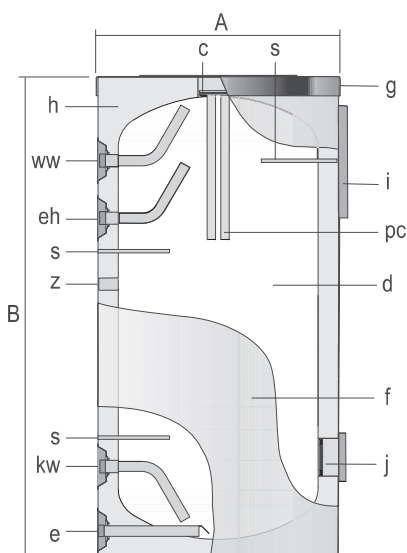
01 ACUMULADORES SOLARES

IDROGAS

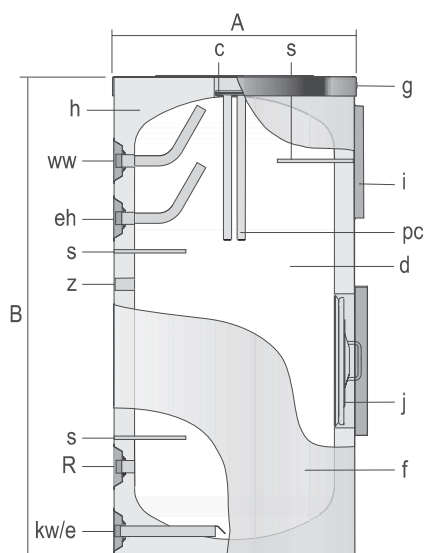
• Serie especial “sin serpentín”



CV-200...500-SR



CV-750...1000-SR



CV-800...1000-SR DN 400

Código	Artículo	€
CC 01 749	CV 200 SR	927,00
CC 01 750	CV 300 SR	1.097,00
CC 01 751	CV 500 SR	1.575,00
CC 01 752	CV 750 SR	1.994,00
CC 01 753	CV 1000 SR	2.279,00
CC 01 754	CV 800 SR DN400	2.303,00
CC 01 755	CV 1000 SR DN 400	2.587,00

garantía
5 años

Depósito para acumulación de agua caliente sanitaria (y/o agua fría), con capacidades desde 200 hasta 1000 litros. **Fabricado en acero vitrificado S/DIN 4753.** Preparado para la producción de agua caliente sanitaria a través de intercambiador de placas y/o resistencias eléctricas de calentamiento. Aislado térmicamente con espuma rígida de poliuretano inyectado en molde, libre de CFC.

En los modelos de 800 y 1000 litros las conexiones de salida de agua caliente y recirculación se sitúan en el lateral del depósito para facilitar así la instalación.

Su diseño permite desmontar el aislante térmico en los laterales facilitando así su paso en entradas con dimensiones reducidas.

Todos los modelos incorporan termómetro para el A.C.S. situado en el panel de control.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS:

Modelo		CV 200 SR	CV 300 SR	CV 500 SR	CV 750 SR	CV 1000 SR
Capacidad de A.C.S.	l	200	300	480	795	995
Temp. máx. depósito de A.C.S.	°C	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S.	bar	8	8	8	8	8
Peso en vacío (aprox.)	Kg	70	90	130	170	200
Dimensiones						
cota A	mm	620	620	770	950	950
cota B	mm	1205	1685	1690	1840	2250

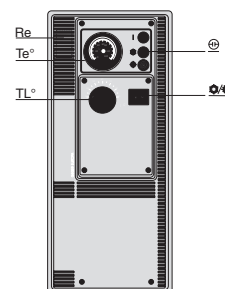
• Resistencias de apoyo

Código	Pot. kW	Tipo	Modelo depósito (capacidad)					Componentes	€
			M1S	M1P	M2P	SR	DN 400		
CC 01 711	1,5	Cerámica (boca)	80 a 300	—	—	—	—	resistencia, termostato y accesorios	76,00
CC 01 781	1,5	Cerámica (boca inferior)	—	150	—	—	—	resistencia, termostato y accesorios	145,00
CC 01 782	2,5	Roscada (1-1/2")	—	300 a 1000	300 a 1000	—	800 a 1000	resistencia roscada, manguito dieléctrico y panel TD	377,00
CC 01 783	5	Roscada (1-1/2")	—	500 a 1000	500 a 1000	—	800 a 1000	resistencia roscada, manguito dieléctrico y panel TD	495,00
CC 01 784	2,5	Boca (bridada)	—	200 a 1000	300 a 1000	200 a 1000	—	resistencia bridada, junta, accesorios y panel TD	445,00
CC 01 785	5	Boca (bridada)	—	—	500 a 1000	200 a 1000	—	resistencia bridada, junta, accesorios y panel TD	570,00

c boca superior
d depósito ACS
f forro externo
g cubierta
h aislamiento térmico
i panel de control
j boca lateral
s sonda de sensores
pc protección catódica
e desagüe
kw entrada agua fría
ww salida ACS 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
z recirculación 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
kw avance caldera 1-1/4" 1-1/2" (CV750-1000)
e desagüe 1" 1-1/4" (CV750-1000)
eh conexión lateral 1-1/4" del ánodo
tt medidor de estado

Panel de control

Adecuado para instalaciones donde el propio depósito acumulador ejerce el control sobre la producción de A.C.S. por circuito de caldera (posición ) o por calentamiento eléctrico (posición ). Para resistencias mayores de 2,5 kW, la resistencia se conectará a un contactor exterior controlado por el Panel de Control.

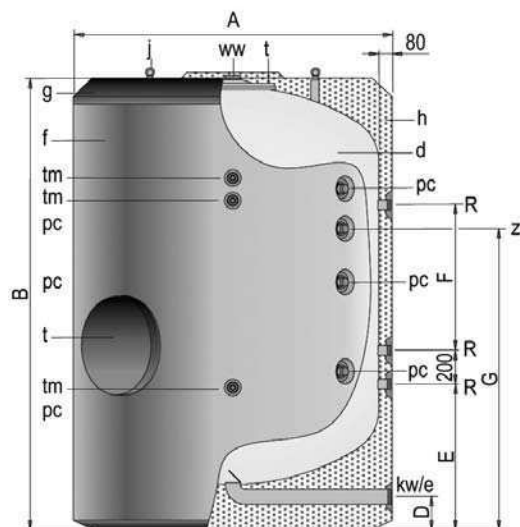


01 DEPÓSITOS DE GRAN CAPACIDAD VITRIFICADOS

IDROGAS

garantía
5 años

PORTES DEBIDOS
VER TABLA
PÁG. N25



Mod. IMV-...-RB

- t- Boca de hombre DN400
- d- Depósito acumulación ACS
- f- Forro externo (opcional)
- g- Cubierta superior (opcional)
- h- Aislamiento térmico
- j- Cáncamos para transporte

Nueva serie de depósitos acumuladores de gran capacidad, para instalaciones de ACS IDROGAS. Fabricados en acero vitrificado s/DIN 4753. Con capacidades de 1.500 a 5.000 litros, todos los depósitos acumuladores de la nueva serie IDROGAS van aislados con 80 mm de espesor de espuma rígida de poliuretano de densidad optimizada y libre de CFC, inyectada en molde, lo que hace que una de las características de la nueva serie sea su gran capacidad de acumulación. Con boca lateral DN 400.

Todos los modelos disponen de conexiones para la incorporación de resistencias eléctricas e incorporan de serie la protección catódica permanente CORREX UP.

* En el acumulador IDROGAS con aislamiento de poliuretano rígido, el forro es siempre opcional ya que no es necesario para su perfecto funcionamiento y prestaciones, cumple exclusivamente una función estética. Al contrario que los acumuladores del mercado con aislamiento flexible en los que el forro de plástico es imprescindible al llevar incorporado el aislamiento.

Modelo RB

Depósito acumulador, sin sistema de intercambiador de serpentines, destinado a funciones de acumulación de ACS, mediante una producción externa, p.e. intercambiador de placas.

Código	Artículo	€
DEPOSITO ACUMULADOR SERIE IMV-RB		
CC 01 801	IMVV 1500 RB	3.180,00
CC 01 802	IMVV 2000 RB	3.256,00
CC 01 803	IMVV 2500 RB	4.081,00
CC 01 804	IMVV 3000 RB	4.451,00
CC 01 805	IMVV 3500 RB	5.065,00
CC 01 806	IMVV 4000 RB	5.387,00
CC 01 807	IMVV 5000 RB	6.553,00

Sistema de protección catódica "Correx up"

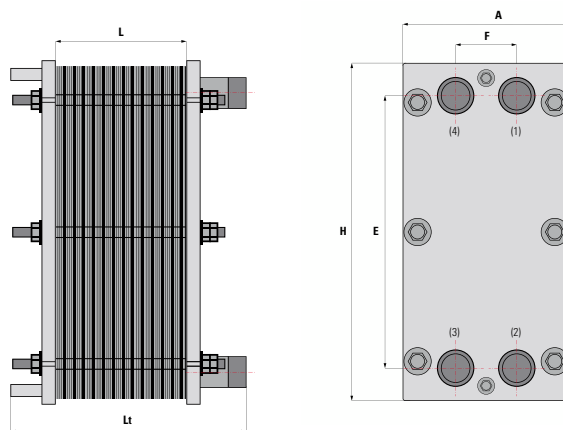
Equipo de protección catódica, libre de mantenimiento, compuesto por ánodo permanente, potencióstato regulador, cableado e instrucciones de conexión y montaje.

Sistema incorporado de serie en los modelos vitrificados.



MODELO RB - DATOS TÉCNICOS		Ref. tamaño acumulador						
		1500RB	2000RB	2500RB	3000RB	3500RB	4000RB	5000RB
Capacidad de ACS	l.	1500	2000	2500	3000	3500	4000	5000
Temp. máx. en continuo depósito de A.C.S.	°C	90	90	90	90	90	90	90
Presión máx. depósito de A.C.S.	bar	8	8	8	8	8	8	8
Peso en vacío (aprox.)	Kg.	390	450	630	690	755	880	1040
kW/e: Entrada de agua fría/desagüe	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
ww: Salida de ACS	"GAS/M	2	2	3	3	3	3	3
z: recirculación	"GAS/M	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2	1-1/2
R: conexión resistencia	"GAS/M	2	2	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	"GAS/M	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4	3/4
Diámetro exterior: A	mm	1360	1360	1660	1660	1660	1910	1910
Longitud total: B	mm	1830	2280	2015	2305	2580	2310	2710
Cota D	mm	175	175	200	200	200	200	200
Cota E	mm	680	680	805	805	805	875	875
Cota F	mm	330	780	300	590	875	465	870
Cota G	mm	1110	1555	1250	1540	1755	1450	1805

IP 2200 / INTERCAMBIADOR DE CALOR DE PLACAS DESMONTABLES



CONDICIONES DE DISEÑO

Presión diseño	Temperatura diseño	
	NBR	EPDM
8 bar	95 C°	140 C°

- 1 Entrada primario
- 2 Salida primario
- 3 Entrada secundario
- 4 Salida secundario

DIMENSIONES

Nº placas	Area placa (m²)	Dimensiones (mm)					Manguitos Gas M
		H	E	A	F	L	
0 - 31	0,02	310	231	200	69	nº placas x 3	1" 1/4
32 - 67		310	231	200	69	nº placas x 3	1" 1/4

El area total de intercambio se calcula por la fórmula siguiente:
 $A = (Nº \text{ placas} - 2) * \text{Area placa}$

DATOS DE FUNCIONAMIENTO Producción ACS y calentamiento por caldera

Nº placas	Código	Potencia (kw)	Caudal (litros / hora)		Pérdida carga (mca)		Peso (kg)
			Primario	Secundario	Primario	Secundario	
5	IP220005NX08	15	663	326	0,71	0,24	16
7	IP220007NX08	25	1.089	544	0,99	0,33	16
9	IP220009NX08	34	1.442	721	2,01	0,67	17
11	IP220011NX08	42	1.796	898	2,00	0,67	17
13	IP220013NX08	51	2.177	1.089	2,68	0,89	18
15	IP220015NX08	59	2.531	1.266	2,57	0,86	18
17	IP220017NX08	67	2.885	1.442	3,04	1,02	19
19	IP220019NX08	76	3.266	1.633	2,91	0,97	19
21	IP220021NX08	84	3.620	1.810	2,84	0,95	20
23	IP220023NX08	92	3.973	1.987	3,14	1,05	20
25	IP220025NX08	101	4.354	2.177	3,06	1,02	21
27	IP220027NX08	109	4.708	2.354	2,96	0,99	21
29	IP220029NX08	118	5.062	2.531	2,88	0,96	22
31	IP220031NX08	127	5.443	2.722	3,12	1,04	22
33	IP220033NX08	135	5.797	2.898	3,04	1,02	23
35	IP220035NX08	143	6.151	3.075	2,99	1,00	23
37	IP220037NX08	151	6.504	3.252	2,91	0,97	24
39	IP220039NX08	160	6.885	3.443	3,10	1,03	24
41	IP220041NX08	168	7.239	3.620	3,03	1,01	25

Los datos térmicos están calculados para un primario con agua de 90 a 70 °C y un secundario con agua de 15 a 55 °C

DATOS DE FUNCIONAMIENTO Para PISCINA, calentamiento por caldera

Nº placas	Código	Potencia (kw)	Caudal (litros / hora)		Pérdida carga (mca)		Peso (kg)
			Primario	Secundario	Primario	Secundario	
5	IP220005NX08PTI	25	1.092	1.258	1,78	2,95	16
7	IP220007NX08PTI	33	1.456	1.677	1,43	2,38	16
9	IP220009NX08PTI	49	2.126	2.515	1,78	2,95	17
11	IP220011NX08PTI	58	2.549	2.934	1,57	2,60	17
13	IP220013NX08PTI	66	2.913	3.353	1,43	2,38	18
15	IP220015NX08PTI	82	3.641	4.192	1,63	2,70	18
17	IP220017NX08PTI	99	4.369	5.030	1,78	2,95	19
19	IP220019NX08PTI	115	5.097	5.868	1,57	2,60	19
21	IP220021NX08PTI	124	5.462	6.288	1,63	2,70	20
23	IP220023NX08PTI	132	5.826	6.707	1,68	2,79	20
25	IP220025NX08PTI	148	6.554	7.545	1,78	2,95	21
27	IP220027NX08PTI	165	7.282	8.383	1,86	3,09	21

Los datos térmicos están calculados para primario calentamiento en 24 horas con agua de 90 a 70 °C y secundario con agua de 15 a 32 °C. El código IP2200*****PTI significa placas en titanio y conexiones en polipropileno (aconsejable para agua de piscina de alta cloración)

Recomendación de intercambiador en función del volumen de la piscina

Volúmen (m³) piscina	Nº placas TITANIO	Volúmen (m³) piscina	Nº placas TITANIO	Volúmen (m³) piscina	Nº placas TITANIO
10	5	60	9	120	17
20	5	70	11	140	19
30	5	80	13	160	23
40	7	90	13	180	25
50	9	100	15	200	27

TARIFA DE PRECIOS

PLACAS EN ACERO INOXIDABLE

INTERCAMB. JUNTAS NBR		INTERCAMB. JUNTAS EPDM	
Código	PVP (€)	Código	PVP (€)
IP220005NX08	296	IP220005PX08	309
IP220007NX08	321	IP220007PX08	340
IP220009NX08	346	IP220009PX08	371
IP220011NX08	371	IP220011PX08	401
IP220013NX08	397	IP220013PX08	432
IP220015NX08	422	IP220015PX08	463
IP220017NX08	447	IP220017PX08	493
IP220019NX08	473	IP220019PX08	524
IP220021NX08	498	IP220021PX08	555
IP220023NX08	523	IP220023PX08	585
IP220025NX08	548	IP220025PX08	616
IP220027NX08	574	IP220027PX08	647
IP220029NX08	599	IP220029PX08	677
IP220031NX08	624	IP220031PX08	708
IP220033NX08	649	IP220033PX08	739
IP220035NX08	675	IP220035PX08	769
IP220037NX08	700	IP220037PX08	800
IP220039NX08	725	IP220039PX08	831
IP220041NX08	751	IP220041PX08	862

PLACAS EN TITANIO

INTERCAMB. JUNTAS NBR		INTERCAMB. JUNTAS EPDM	
Código	PVP (€)	Código	PVP (€)
IP220005NX08PTI	449	IP220005PX08PTI	464
IP220007NX08PTI	532	IP220007PX08PTI	552
IP220009NX08PTI	616	IP220009PX08PTI	641
IP220011NX08PTI	700	IP220011PX08PTI	731
IP220013NX08PTI	784	IP220013PX08PTI	820
IP220015NX08PTI	868	IP220015PX08PTI	909
IP220017NX08PTI	951	IP220017PX08PTI	999
IP220019NX08PTI	1.035	IP220019PX08PTI	1.088
IP220021NX08PTI	1.119	IP220021PX08PTI	1.177
IP220023NX08PTI	1.203	IP220023PX08PTI	1.267
IP220025NX08PTI	1.286	IP220025PX08PTI	1.356
IP220027NX08PTI	1.370	IP220027PX08PTI	1.445

JUNTAS DE REPUESTO

Código	Tipo	PVP (€)	Código	Tipo	PVP (€)
JIP2200NX	NBR	10,80	PJIP2200NX	NBR	14,10
JIP2200PX	EPDM	12,30	PJIP2200PX	EPDM	15,70

PLACAS TITANIO + JUNTAS REPUESTO

Código	Tipo	PVP (€)
PJIP2200NX	NBR	49,20
PJIP2200PX	EPDM	50,80

ESFERICO AGUA FRIA-CALIENTE (-10°C +100°C)

MEMBRANA FIJA

MODELO	LTRS.	BAR.	DIMENS: D.XH.	Ø	CÓDIGO	EUROS
5 CMF	5	4	200x240	3/4"	0690002005343	17,09
8 CMF	8	4	200X335	3/4"	0690002008343	17,86
12 CMF	12	4	270X304	3/4"	0690002012343	18,67
18 CMF	18	4	270X405	3/4"	0690002018343	20,94
25 CMF	25	4	320X425	3/4"	0690002025343	25,76
35 CMF	35	4	360X475	3/4"	0690002035343	37,25
35 CMF PATAS	35	4	360x480	3/4"	0690002035345	39,46
50 CMF PATAS	50	4	360X630	3/4"	0690002050343	58,03
80 CMF	80	6	485x590	1"	0690004080351	84,69
100 CMF	100	6	485x640	1"	0690004100351	120,77
140 CMF	140	6	485X935	1"	0690004140351	149,46
200 CMF	200	6	600X835	1"	0690004200351	191,08
250 CMF	250	6	600X1060	1"	0690004250351	217,35
300 CMF	300	6	600X1245	1"	0690004300351	277,11
400 CMF	400	6	600X1460	1"	0690004400351	326,92
500 CMF	500	6	750X1495	1"	0690004500351	532,70
600 CMF	600	6	750X1730	1"	0690004600351	640,70
800 CMF	800	6	750X2210	1"	0690004800351	839,30
1000 CMF	1000	6	750X2695	1"	0690004101351	988,87

AGUA CALIENTE SANITARIA

MEMBRANA RECAMBIABLE

MODELO	LTRS.	BAR.	DIMENS: D.XH.	Ø	CÓDIGO	EUROS
5 AMR-B	5	10	200x245	3/4"	0690001005012	24,14
8 AMR-B	8	10	200x350	3/4"	0690001008012	26,08
11 AMR-B	11	10	270x320	3/4"	0690001011012	29,34
18 AMR-B	18	10	270x425	3/4"	0690001018012	33,29
24 AMR-B	24	8	350x390	1"	0690001025082	38,12

ERGIA SOLAR

MEMBRANA FIJA (RESISTENCIA AL ETILENOGLICOL)

MODELO	LTRS.	BAR.	DIMENS: D.XH.	Ø	CÓDIGO	EUROS
5 SMF	5	10	200X240	3/4"	0690002005070	19,02
8 SMF	8	10	200X335	3/4"	0690002008070	20,83
12 SMF	12	10	270X304	3/4"	0690002012070	23,88
18 SMF	18	10	360x465	3/4"	0690002018070	25,96
24 SMF	24	8	320x425	3/4"	0690002024070	30,71

ERGIA SOLAR

MEMBRANA RECAMBIABLE (RESISTENCIA AL ETILENOGLICOL)

MODELO	LTRS.	BAR.	DIMENS: D.XH.	Ø	CÓDIGO	EUROS
35 SMR-P	35	10	360X615	1"	0690001035070	74,56
50 SMR-P	50	10	360X750	1"	0690001050070	86,69
80 SMR-P	80	10	450X750	1"	0690003080070	109,31
100 SMR-p	100	10	450X850	1"	0690003100070	159,21

ERGIA SOLAR. MEMBRANA RECAMBIABLE

MODELO	LTRS.	BAR.	DIMENS: D.XH.	Ø	CÓDIGO	EUROS
220 SMR	200	10	485x1400	1"1/2	0690003200070	339,53
350 SMR	300	10	485x1965	1"1/2	0690003300070	430,43
500 SMR	500	10	600x2065	1"1/2	0690003500070	604,55
700 SMR	700	10	700x2215	1"1/2	0690003700070	1.020,92



DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DEL VASO DE EXPANSIÓN

Vu = Volumen de agua dilatada.

Va = Contenido del acumulador de agua caliente.

Vn = Coeficiente de dilatación en función de la temperatura media: 40° = 0,0079,
50° = 0,0121, 60° = 0,0171,
70° = 0,0228, 80° = 0,0296

n = Factor de presión.

Alta = bar + 1.

Vt = Volumen total del vaso de expansión.

FÓRMULAS

Fórmula 1: $Vu = Va \times Vn$

Fórmula 2: $n = \frac{\text{Presión final Alta} - \text{Presión de la red Alta}}{\text{Presión final alta}}$

Fórmula 3: $Vt = \frac{Vu}{n}$

Nota: los vasos tienen una precarga en fábrica de 3 bar. Antes de instalar el vaso es necesario ajustarlo a la presión deseada. En el caso de que la presión de red sea superior a 3 bar, es preciso reducir la presión de red a 3 bar mediante un reductor.

EJEMPLO DE CÁLCULO

Calentador de 500 Lts.

Temperatura media = 70°C; Presión del agua de la red = 3 bar; Presión de tarado de la válvula de seguridad = 7 bar.

Fórmula 1: Volumen de agua dilatada = 500 x 0,0228 = 11,4 Lts.

Fórmula 2: Factor de presión = $\frac{(7 + 1) - (3 + 1)}{(7 + 1)} = \frac{8 - 4}{8} = 0,50$

Fórmula 3: Volumen total del vaso de expansión = $\frac{11,4}{0,5} = 22,8$ Lts.

Se debe elegir un volumen de vaso igual o inmediatamente superior al resultado. En este ejemplo correspondería el modelo 24 ltros AMR-E-B

Wilo VeroLine IPL



Wilo VeroLine IPL

Bomba inline simple de rotor seco de una etapa, para montaje directo en tubería

Claves del tipo

Ejemplo: **Wilo IPL 80/115-2.2/2**

IPL Serie
80/ Diámetro de conexión (mm)
115- Diámetro nominal del rodete (mm)
2.2/ Potencia del motor (kW)
2 Número de polos

Wilo VeroLine ⁽¹⁾, 50 Hz – versión de 2 polos, 2900 1/min (conexión roscada)

Referencia	Modelo	Longitud (mm)	P ₂ (kW)	Precio €	Caudal (m³/h)									
					0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Altura (m)									
2089569	IPL 25/70-0.12/2	180	0.12	733,00	5.6	5.5	5.2	4.7	3.9	3.4	2.5	1.2		
2089570	IPL 25/80-0.12/2	180	0.12	740,00	7.2	7	6.7	6.3	5.7	4.9	3.8	2.8	1.5	
2089571	IPL 25/85-0.18/2	180	0.18	755,00	8.4	8.2	7.9	7.5	6.8	6.1	5.3	4	3	
2089572	IPL 25/90-0.25/2	180	0.25	856,00	10.5	10.1	9.8	9.6	8.9	8.2	7.2	6	4.8	3.5
2089573	IPL 30/70-0.12/2	180	0.12	733,00	5.6	5.5	5.2	4.7	3.9	3.4	2.5	1.2		
2089574	IPL 30/80-0.12/2	180	0.12	740,00	7.2	7	6.7	6.3	5.7	4.9	3.8	2.8	1.5	
2089575	IPL 30/85-0.18/2	180	0.18	755,00	8.4	8.2	7.9	7.5	6.8	6.1	5.3	4	3	
2089576	IPL 30/90-0.25/2	180	0.25	856,00	10.5	10.1	9.8	9.6	8.9	8.2	7.2	6	4.8	3.5

Wilo VeroLine ⁽¹⁾, 50 Hz – versión de 2 polos, 2900 1/min (conexión embreada)

Referencia	Modelo	Longitud (mm)	P ₂ (kW)	Precio €	Caudal (m³/h)									
					0	4	8	12	16	20	28	36	42	48
					Altura (m)									
2089577	IPL 32/90-0.37/2	260	0.37	995,00	8	7.8	5.2							
2089578	IPL 32/100-0.55/2	260	0.55	1.005,00	12	11.9	9	3						
2089579	IPL 32/110-0.75/2	260	0.75	1.085,00	14.4	14.1	12.3	7.7						
2089580	IPL 32/130-1.1/2	260	1.1	1.242,00	19	18.9	17.6	14						
2089581	IPL 32/160-1.1/2	260	1.1	1.242,00	28.8	26.5	21.5	13.6	2					
2089582	IPL 32/165-3/2	320	3	1.485,00	40	40	39.6	38.9	37.5	34.9	27.2			
2089583	IPL 32/175-4/2	320	4	2.010,00	33	33	32.5	31.6	29.2	26	20.2			
2089694	IPL 40/70-0.12/2	220	0.12	826,00	3.9	3.5	2.8	1.7						
2089584	IPL 40/90-0.37/2	250	0.37	1.032,00	7.9	7.6	6.8	4.8						
2089585	IPL 40/115-0.55/2	250	0.55	1.242,00	12.4	12.2	11.5	10	7.5					
2089586	IPL 40/120-1.5/2	320	1.5	1.345,00	17.8	18.2	18.2	17.8	17	15.5	11.5			
2089587	IPL 40/130-2.2/2	320	2.2	1.439,00	21.6	21.9	22	21.7	21	19.8	16.1	11		
2089588	IPL 40/150-3/2	320	3	1.572,00	27.7	27.9	28	28	27.8	30.6	24	19.3	15.8	
2089589	IPL 40/160-4/2	320	4	1.810,00	30.8	31	31.3	31.5	30.4	27.4	23.9	21.1	19.8	14
					0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
2089590	IPL 40/165-4/2	340	4	2.095,00	33	33.5	33.5	33	32.5	30.5	29	27.2	24.9	
2089591	IPL 40/175-5.5/2	340	5.5	2.250,00	40	40.5	40.5	40.3	40	39	37.5	35.5	33.3	30.4
2089592	IPL 40/195-7.5/2	440	7.5	2.319,00	50.5	51	51	50.6	50	48	46	44		

Información de producto:

- Presión nominal PN10
- Rango de temperatura desde -20°C hasta +120°C
- Ejecución N con motor normalizado IEC B5 ó V1, bajo consulta
- Otra tensión o frecuencia, bajo consulta y sujeta a sobreprecio
- Versión con sombrerete para instalación en intemperie, bajo consulta y sujeta a sobreprecio
- Ejecución con brida combinada PN6/10, bajo consulta y sujeta a sobreprecio
- Ejecución con carcasa de la bomba PN16, bajo consulta y sujeta a sobreprecio

(1) Tensión: para bombas de hasta 3 kW 3~230/400 V
 para bombas con motor >3 kW, 3~400/690 V

Precios de Caldera de gas natural con quemador atmosférico 15 kW de potencia calorífica, de plancha de acero para calefacción mural

756,68€/u

Precios Coste Directo en fecha Enero 2012 para España para una obra tipo Obras tipo (PEM 1,653 M euros) para Caldera de gas natural con quemador atmosférico 15 kW de potencia calorífica, de plancha de acero para calefacción mural. [Cambiar parámetros »](#)
[Ver pliego de condiciones técnicas de Calderas de gas con quemadores atmosféricos »](#)
 (Cód. BE2223JJ: Caldera gas natural, 15kW, plancha acero p/calef., mural)

Información medioambiental

CONSUMO	PESO	COSTE ENERGÉTICO		EMISIÓN CO2
Componentes constitutivos de materiales	24,40 KG	1.678,71 MJ	466,31 Kwh	141,85 KG
- acero	9,18 KG	321,30 MJ	89,25 Kwh	25,89 KG
- acero inoxidable	4,08 KG	336,53 MJ	93,48 Kwh	18,49 KG
- cobre	4,08 KG	612,00 MJ	170,00 Kwh	59,98 KG
- lana de vidrio	4,00 KG	194,68 MJ	54,08 Kwh	5,88 KG
- PVC	3,06 KG	214,20 MJ	59,50 Kwh	31,62 KG
Total	24,40 KG	1.678,71 MJ	466,31 Kwh	141,85 KG
RESIDUO	PESO		VOLUMEN	
Separación selectiva por códigos LER (Lista Europea de residuos) específicos	0,99 KG		0,0067 M3	

CALDERA ISOFAST F 35 (H-MOD)

Ficha técnica			
Calefacción	Isofast F 30 (H-MOD)	Isofast F 35 (H-MOD)	Isofast C 35
Tipo Producción	Microacumulación	Microacumulación	Microacumulación
Cámara Combustión	Estanca	Estanca	Atmosférica
Pot. Útil (kW-kcal/h)	29,60 (25.456)	34,60 (29.756)	34,60 (29.756)
Gas	Natural/Butano	Natural/Butano	Natural/Butano
Dimensiones			
Alto x ancho x fondo (mm)	890 x 510 x 418	890 x 510 x 418	890 x 510 x 418
Tecnología	Microacumulación Microfast + Alta modulación H-MOD	Microacumulación Microfast + Alta modulación H-MOD	Microacumulación Microfast

ISOFAST F 35 H-MOD NATURAL 2.082 € 01SFA35E3

Centralita Sistema ACS Sauter



EGT
346



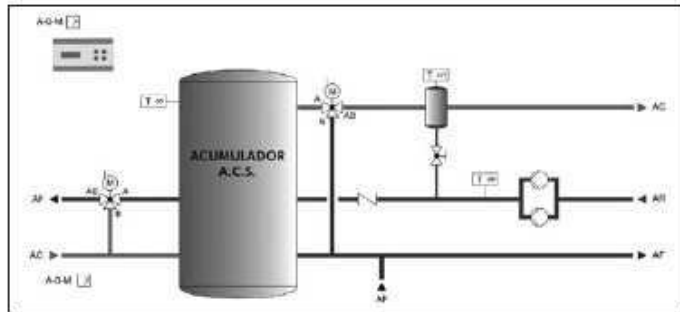
EGT
347

• Control agua caliente sanitaria "ACS"

Regulación de los circuitos primario y secundario a temperatura constante



Código	Artículo	•
CO 06 337	RDT724F002 Centralita digital	708,17
CO 06 342	EGT347F101 Sonda acumulador	105,20
CO 06 284	EGT346F101L120 Sonda impulsión	89,72
CO 23 121	Transformador 24V	16,07
Combinar con válvula de asiento 3 vías ESBE serie VLE132, bronce + actuadores serie ALA señal de mando 0...10V		



Sensor de radiación WatchDog 3670

Sensor de radiacion solar WD 3670 para WatchDog

269,00 EUR

269,00 EUR por pz.

Producto No.: WD-3670

Imprimir la Hoja de Características de este Producto

Plazo de entrega: 1-3 Días (Salvo fin Stock)



- Sensor de radiación solar
El sensor solar se conecta en el enchufe previsto de la estación meteorológica y mide la energía de radiación solar.
- Rango de medición: 1 ... 1250 W/m²
- Precisión: ±5 %
- Conexión: Cable de 1,8 m

Válvulas de circulación Salvador Escoda

VÁLVULAS ROTATIVAS PARA CALEFACCIÓN/SUELO RADIANTE CON BRIDAS

Código	Tipo	Kvs	A (mm)	B (mm)	*
Cuerpo en hierro. Sector en latón y acero inoxidable (DN40 a DN150). Juntas EPDM. Mando manual. Temp. de trabajo: -10 a 110°C. Bidas DIN 2531 PN-6					
VÁLVULAS ROTATIVAS 3 VÍAS CON BRIDAS					
CO 10 344	3F40 DN40	44	87,5	175	125,06
CO 10 345	3F50 DN50	60	97,5	195	162,13
CO 10 346	3F65 DN65	90	100	200	180,86
CO 10 347	3F80 DN80	150	120	240	241,70
CO 10 348	3F100 DN100	225	132,5	265	304,86
CO 10 349	3F125 DN125	280	150	300	366,06
CO 10 350	3F150 DN150	400	175	350	677,00
VÁLVULAS ROTATIVAS 4 VÍAS CON BRIDAS					
CO 10 355	4F50 DN50	60	97,5	195	220,01
CO 10 356	4F65 DN65	90	100	200	228,48
CO 10 357	4F80 DN80	150	120	240	316,03
CO 10 358	4F100 DN100	225	132,5	265	426,58
CO 10 359	4F125 DN125	280	150	300	810,00
CO 10 360	4F150 DN150	400	175	350	866,72
MOTORES VÁLVULAS 3 Y 4 VÍAS SERIE F Y G					
Para válvulas hasta 2" (DN50). Motor 3 puntos - todo/nada. Protección IP-41. Par: 5 Nm. Micro auxiliar incorporado					
CO 10 230	ARA 652 230V/50 Hz				96,20
CO 10 231	ARA 654 24V/50 Hz				96,20
CO 10 232	ARA 659P 24V/50Hz proporcional 0...10Vcc/4...20mA				133,70
Para válvulas de 65 (2-1/2") a DN 150 (6"). Motor 3 puntos - todo/nada. Protección IP54. Tiempo recorrido: 60 seg. 90°. Par: 15 Nm. Micro auxiliar incorporado					
CO 10 365	S-95M 220/50Hz 15Nm				137,31
CO 10 366	S-92M 24V/50Hz 15Nm				137,31
CO 10 364	S-92P 24V/50Hz proporcional 0...10Vcc/4...20mA				253,00

VÁLVULA DE SOLENOIDE DOMÓTICA



MundoControl

- Normalmente ABIERTA
- Con rearme manual



Especialmente diseñada para el control de instalaciones domóticas en edificios inteligentes, la válvula de solenoide MC143-DOMO elimina la posibilidad de apertura accidental de la válvula (por falta de agua corriente) una vez recibida la señal de cierre emitida por el sensor de inundación. El pulsador de rearme manual incorporado permite normalizar la posición de trabajo (abierta sin corriente) una vez reparada la fuga que provocó la alarma.

Código	Tipo	Rosca	Pres. mín. bar	Pres. max. bar	Bobina	*
CUERPO SIN BOBINA						
AA 26 302	MC 143 DOMO	3/4"	0,3	16	B7L DOMO	131,78
BOBINA DOMO						
AA 26 422	B7L DOMO 230 VCA (14W)					14,13
CONECTOR DOMO						
AA 26 501	Conector DOMO 28x28					9,33

VÁLVULA DE SOLENOIDE DOMÓTICA



- Normalmente ABIERTA
- Con rearme manual



Especialmente diseñada para el control de instalaciones domóticas en edificios inteligentes, la válvula de solenoide MC143-DOMO elimina la posibilidad de apertura accidental de la válvula (por falta de agua corriente) una vez recibida la señal de cierre emitida por el sensor de inundación. El pulsador de rearme manual incorporado permite normalizar la posición de trabajo (abierta sin corriente) una vez reparada la fuga que provocó la alarma.

Código	Tipo	Rosca	Pres. min. bar	Pres. máx. bar	Bobina	•
CUERPO SIN BOBINA						
AA 26 302	MC 143 DOMO	3/4"	0,3	16	B7L DOMO	131,78
BOBINA DOMO						
AA 26 422	B7L DOMO 230 VCA (14W)					14,13
CONECTOR DOMO						
AA 26 501	Conector DOMO 28x28					9,33

AA VÁLVULAS DE SOLENOIDE



- Cuerpo: Latón
- Membrana: NBR
- Temperatura: -10 a 90°C
- Fluidos: Agua, aire, gases inertes, gasóleo, etc.



Código	Tipo	Rosca	Pres. mín. bar	Pres. máx. bar	Bobina	
CUERPO SIN BOBINA						
SERVOCOMANDADAS						
AA 26 201 AA 26 202 AA 26 203 AA 26 204 AA 26 205 AA 26 206 AA 26 207	MC 133	3/8"	0,3	16	B1F	45,78
		1/2"				45,78
		3/4"				62,58
		1"				77,42
	1-1/4"	0,5	16		177,64	
	1-1/2"				186,76	
	2"				239,24	
	NORMALMENTE ABIERTAS					
AA 26 211 AA 26 212 AA 26 213 AA 26 214 AA 26 215 AA 26 216 AA 26 217	MC 143	3/8"	0,3	16	B1F	54,58
		1/2"				57,64
		3/4"				69,02
		1"				85,69
	1-1/4"	0,5	16	B2H	212,36	
	1-1/2"				217,02	
2"	280,09					
ACCIÓN MIXTA: ΔP = 0 bar						
NORMALMENTE CERRADAS						
AA 26 221 AA 26 222 AA 26 223 AA 26 224	MC 123	• Corriente ALTERNA - Solo bobinas C.A.				
		3/8"	0	16	B1F	65,60
		1/2"				64,62
		3/4"				96,04
	1"	109,42				
• Corriente CONTINUA - Solo bobinas C.C.						
AA 26 231 AA 26 232 AA 26 233 AA 26 234	MC 123	3/8" 1/2" 3/4" 1"	0	16	B1F	65,60 64,62 96,04 109,42
BOBINAS						
AA 26 401 AA 26 402 AA 26 403 AA 26 411 AA 26 412 AA 26 413	• IP65 - ED100%					
	B1F 230 Vca					12,00
	B1F 24 Vca					12,00
	B1F 24 Vcc					12,00
	B2H 230 Vca					14,71
	B2H 24 Vca					14,71
B2H 24 Vcc					14,71	
CONECTOR						
CO 01 801	Bipolar DIN 43650 A (28 x 28)					2,00

Purgadores Giacomini

[Home](#) > [Prodotti](#) > [Sfoglia catalogo](#) > R88I

[ritorna all'elenco](#)

[nuova ricerca](#)

R88I - Valvola automatica di sfogo aria compatta, con rubinetto di intercettazione

Valvola automatica di sfogo aria compatta, non cromata, con rubinetto di intercettazione

Comunicazione Tecnica n. 3247



Codice	Misura	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
R88IY002	3/8"	1	100
R88IY003	1/2"	1	100

GIACOMINI
Technology in Comfort

Sfoglia catalogo

[Listino/Catalogo](#)

[Disegni tecnici](#)

[Fogli tecnici](#)

[Note tecniche](#)

[Voci di capitolato](#)

[Certificazioni](#)

[FAQ](#)

[Contattaci](#)

[Mappa](#)

[Ricerca](#)

[Link utili](#)

VÁLVULAS DE SOLENOIDE

- Cuerpo: Latón
- Membrana: NBR
- Temperatura: -10 a 90°C
- Fluidos: Agua, aire, gases inertes, gasóleo, etc.



Código	Tipo	Rosca	Pres. mín. bar	Pres. máx. bar	Bobina	
CUERPO SIN BOBINA						
SERVOCOMANDADAS						
NORMALMENTE CERRADAS						
AA 26 201	MC 133	3/8"	0,3	16	B1F	45,78
AA 26 202		1/2"				45,78
AA 26 203		3/4"				62,58 77,42
AA 26 204		1"				
AA 26 205	1-1/4" 1-1/2" 2"	0,5	16			177,64
AA 26 206						186,76
AA 26 207						239,24
NORMALMENTE ABIERTAS						
AA 26 211	MC 143	3/8"	0,3	16	B1F	54,58
AA 26 212		1/2"				57,64
AA 26 213		3/4"				69,02
AA 26 214		1"				85,69
AA 26 215	1-1/4" 1-1/2" 2"	0,5	16	B2H		212,36
AA 26 216						217,02
AA 26 217						280,09
ACCIÓN MIXTA: AP = 0 bar						
NORMALMENTE CERRADAS						
• Corriente ALTERNA - Sólo bobinas C.A.						
AA 26 221	MC 123	3/8"	0	16	B1F	65,60
AA 26 222		1/2"				64,62
AA 26 223		3/4"				96,04
AA 26 224		1"				109,42
• Corriente CONTINUA - Sólo bobinas C.C						
AA 26 231	MC 123	3/8"	0	16	B1F	65,60
AA 26 232		1/2"				64,62
AA 26 233		3/4"				96,04
AA 26 234		1"				109,42
BOBINAS						
• IP65 - ED100%						
AA 26 401	B1F 230 Vea B1F 24 Vea					12,00
AA 26 402	B1F 24 Vcc					12,00
AA 26 403						12,00
AA 26 411	B2H 230 Vea B2H 24 Vea B2H 24 Vcc					14,71
AA 26 412						14,71
AA 26 413						14,71
CONECTOR						
CO 01 801	Bipolar DIN 43650 A (28 x 28)					2,00

VÁLVULA DE SOLENOIDE DOMÓTICA

- Normalmente ABIERTA
- Con rearme manual



Especialmente diseñada para el control de instalaciones domóticas en edificios inteligentes, la válvula de solenoide MC143-DOMO elimina la posibilidad de apertura accidental de la válvula (por falta de agua corriente) una vez recibida la señal de cierre emitida por el sensor de inundación. El pulsador de rearme manual incorporado permite normalizar la posición de trabajo (abierta sin corriente) una vez reparada la fuga que provocó la alarma.

Código	Tipo	Rosca	Pres. min. bar	Pres. máx. bar	Bobina	
CUERPO SIN BOBINA						
AA 26 302	MC 143 DOMO	3/4"	0,3	16	B7L DOMO	131,78
BOBINA DOMO						
AA 26 422	B7L DOMO 230 VCA (14W)					14,13
CONECTOR DOMO						
AA 26 501	Conector DOMO 28x28					9,33

Refrigeración por absorción 10 kW

Características técnicas

(modelo de prueba)

temperatura mínima para producción de frío 55° C

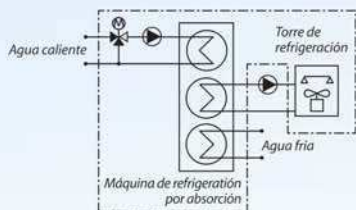
COP \approx 0.78

Incluido en el envío

- Máquina de refrigeración por absorción
- Torre de refrigeración con una potencia nominal de 25 kW
- Sistema de regulación con registro de los datos de la temperatura exterior, el caudal y la potencia
- Sistema de visualización, de supervisión y control remoto. (requiere una conexión a internet EURO-ISDN)
- Sensor de temperatura para el agua caliente, fría y refrigerada
- Bomba de agua caliente y válvula de tres vías para una perfecta regulación de la temperatura.

Nota

La bomba del agua fría y del agua refrigerada no están incluidas en el envío. Todo el trabajo que se haya de realizar por fuera de la línea de puntos del esquema (-----), no será llevado a cabo por 'SK SonnenKlima GmbH'.



SK SonnenKlima GmbH

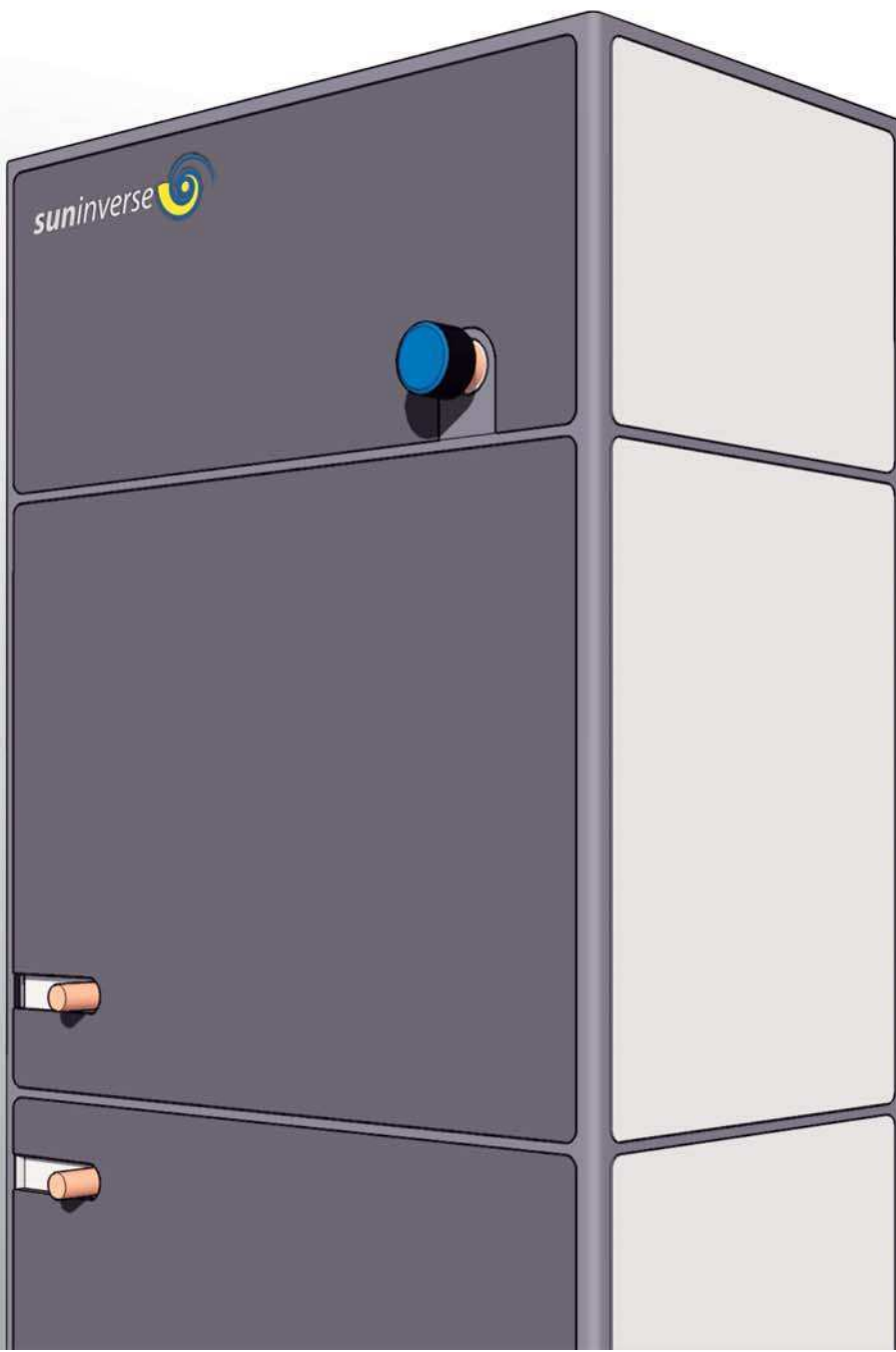
Am Treptower Park 28-30
12435 Berlin
Alemania

Tel. +49 (0) 30 53 00 07 700

Fax. +49 (0) 30 53 00 07 17

www.sonnenklima.de

info@sonnenklima.de



torre de refrigeración
sin carcasa

Nota:

1. La capacidad de refrigeración depende de la temperatura del circuito de ida y de los caudales de agua fría, caliente y de refrigeración. La capacidad de refrigeración dada se refiere bajo un funcionamiento nominal de la máquina de refrigeración por absorción. Si usted lo desea, estaremos encantados de enviarle información adicional sobre la refrigeración a otras temperaturas.
2. Presión máxima del circuito de agua caliente y fría : 2,5 bar
3. La unidad de control de la máquina de absorción por refrigeración, contiene los datos de las potencias exteriores de los circuitos de agua caliente, fría y refrigerada. Para las tareas de supervisión y transferencia de datos remota, es necesario tener una conexión a internet Euro-ISDN.
4. La bomba de agua caliente y la válvula de tres vías están incluidas en el envío.

Características técnicas

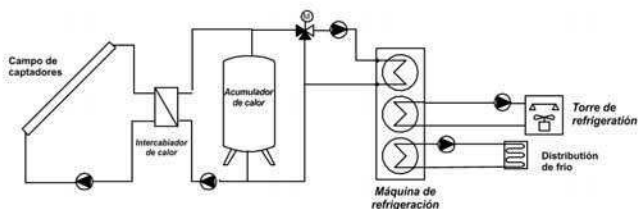
(modelo de prueba)

Especificaciones		Unidades	<i>suninverse</i>	
			funcionamiento a través de convectores	funcionamiento a través de sistema de refrigeración
Potencia frigorífica nominal/maximal		kW	8,8 / 11,7	10 / 15,8
		USRT	2,5 / 3,3	2,8 / 4,5
		BTU/h	30026 / 39932	34120 / 53925
Circuito de agua fría	Temperatura nominal/maximal (salida - entrada)	°C	6-12	15-18 / 15-20
	Caudal nominal/maximal	m³/h	1,3 / 1,7	2,9
	Pérdidas de carga internas	mbar	350	
	Unión		Rosca externa 1 1/2", junta plana	
Circuito de agua caliente	Temperatura nominal/maximal (entrada)	°C	85 / 95	75 / 95
	Caudal	m³/h	1,2	1,2
	Pérdidas de carga internas	mbar	200	
	Unión		Rosca externa 1 1/4", junta plana	
Circuito de refrigeración	Temperatura nominal/maximal (entrada - salida)	°C	35-27 / 36-27	35-27 / 39-27
	Caudal	m³/h	2,6	2,6
	Pérdidas de carga internas	mbar	320	
	Unión		Rosca externa 1 1/2", junta plana	
Conexión eléctrica	Tensión	V	230 V ~ 1 ph 50Hz	
	Bomba para la solución	W	70	
	Bomba para el refrigerante	W	50	
Dimensiones	Alto H	mm	1960	
	Ancho L	mm	1130	
	Profundidad P	mm	795	
Peso	Funcionamiento	kg	550	
	Transporte	kg	500	

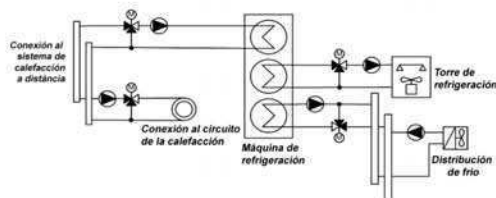
reservamos nuestro derecho a cambios

Instalación recomendada para el sistema

(A) Refrigeración solar



(B) Calefacción de distrito o sistema de calefacción a distancia





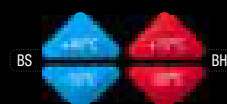
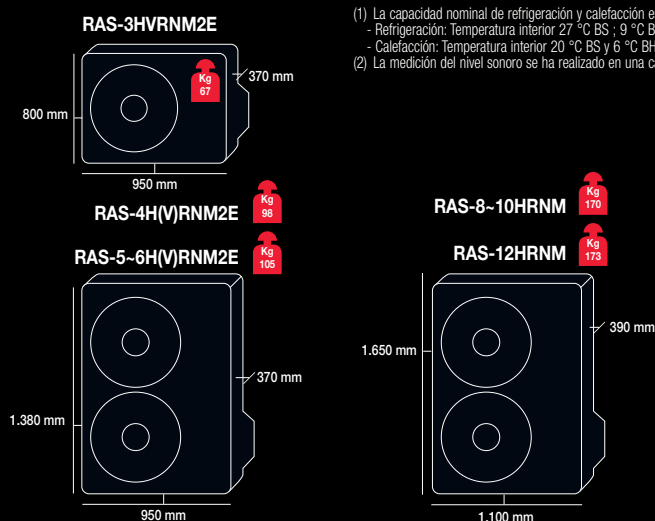
Utop a IVX Monofásica

Unidades exteriores			RAS-3HVRNM2E	RAS-4HVRNM2E	RAS-5HVRNM2E	RAS-6HVRNM2E
Combinaciones Posibles			MONO - TWIN	MONO - TWIN - TRI - QUADRI		
Potencia nominal (min-máx) ⁽¹⁾	Refrigeración	kW	7,10 (3,20 - 8,00)	10,00 (4,90 - 11,20)	12,50 (5,70 - 14,00)	14,00 (6,00 - 16,00)
	Calefacción		8,00 (3,50 - 10,60)	11,20 (5,00 - 14,00)	14,00 (6,00 - 18,00)	16,00 (6,00 - 20,00)
Potencia nominal absorbida	Refrigeración		1,85	2,45	3,31	4,08
	Calefacción		1,88	2,62	4,08	4,12
EER - COP			3,83 - 4,25	4,08 - 4,27	3,77 - 3,43	3,43 - 3,88
Clase energética	Refrigeración		A	A	A	A
	Calefacción		A	A	B	A
Nivel de presión sonora (modo noche)		dB(A)	47(43)	49(45)	51(47)	
Caudal de aire		m³/h	2.700	6.000	6.000	6.000
Alimentación			1~230V50Hz			
Diámetro de tuberías (Líqu. - Gas)		pulgadas	3/8 - 5/8			
Longitud máxima		m	50	70	75	
Desnivel máximo			30 / 20			
Carga inicial de refrigerante (precarga para)		kg (m)	2,4 (30)	3,9 (30)	4,1(30)	
Revisión de refrigerante		g/m	40		60	
Control independiente			Sí			
Fluido refrigerante			R410A			
Compresor			ROTATIVO	SCROLL DC Inverter		

Utop a IVX Trifásica

Unidades exteriores			RAS-4HRNM2E	RAS-5HRNM2E	RAS-6HRNM2E	RAS-8HRNM	RAS-10HRNM	RAS-12HRNM
Combinaciones Posibles			MONO - TWIN - TRI - QUADRI					TWIN - TRI - QUADRI
Potencia nominal (min-máx) ⁽¹⁾	Refrigeración	kW	10,00 (4,90-11,20)	12,50 (5,70-14,00)	14,00 (6,00-16,00)	20,00 (9,00-22,40)	25,00 (11,20-28,00)	30,00 (13,50-33,50)
	Calefacción		11,20 (5,00-14,00)	14,00 (6,00-18,00)	16,00 (6,00-20,00)	22,40 (8,30-28,00)	28,00 (10,50-35,00)	33,50 (12,60-37,50)
Potencia nominal absorbida	Refrigeración		2,45	3,31	4,08	5,73	7,58	9,32
	Calefacción		2,62	4,08	4,12	5,06	6,88	8,39
EER - COP			4,08 - 4,27	3,77 - 3,43	3,43 - 3,88	3,49 - 4,42	3,29 - 4,42	3,21 - 3,99
Clase energética	Refrigeración		A	A	A	A	A	A
	Calefacción		A	B	A	A	A	A
Nivel de presión sonora (modo noche)		dB(A)	49(45)	51(47)	51(48)	52(50)	55(53)	58(55)
Caudal de aire		m³/h	6.000	6.000	6.000	7.260	9.000	9.780
Alimentación			3N ~ 400V 50Hz					
Diámetro de tuberías (Liq. - Gas)		pulgadas	3/8 - 5/8		3/8 - 1		1/2 - 1	
Longitud máxima		m	70	75	75	70	100	
Desnivel máximo			30/20					
Carga inicial de refrigerante (precarga para)		kg (m)	3,8(30)	4,1(30)		7,3(30)	7,8 (30)	8.5 (30)
Revisión de refrigerante		g/m	60					
Control independiente			Sí					
Fluido refrigerante			R410A					
Compresor			SCROLL DC Inverter					

(1) La capacidad nominal de refrigeración y calefacción esta basada en la norma EN14511 :
 - Refrigeración: Temperatura interior 27 °C BS ; 9 °C BH, temperatura exterior 35°C BS.
 - Calefacción: Temperatura interior 20 °C BS y 6 °C BH.
 (2) La medición del nivel sonoro se ha realizado en una cámara anecoica a 1 m desde el nivel del suelo 1 m desde la superficie frontal de la unidad.



MANDOS COMPATIBLES OPCIONALES INDIVIDUALES



Utopía IVX Monofásica	RAS-3HVRNM2E		RAS-4HVRNM2E		RAS-5HVRNM2E		RAS-6HVRNM2E					
Precio unidades exteriores	2.295 €		2.755 €		3.265 €		3.700 €					
Utopía IVX Trifásica	RAS-4HRNM2E		RAS-5HRNM2E		RAS-6HRNM2E		RAS-8HRNM		RAS-10HRNM		RAS-12HRNM	
Precio unidades exteriores	2.935 €		3.360 €		3.945 €		6.180 €		6.790 €		7.450 €	

System Free. Unidades interiores



Cassette 2 V as



Unidad interior			RCD-1FSN2	RCD-1.5FSN2	RCD-2FSN2	RCD-2.5FSN2	RCD-3FSN2	RCD-4FSN2	RCD-5FSN2
Potencia ajustable	CV		-	1,30 ← 1,50	1,80 ← 2,00	2,30 ← 2,50	-	-	-
Potencia nominal ⁽¹⁾	Refrigeración	kW	2,50	3,60	5,00	6,00	7,10	10,00	12,50
	Calefacción	kW	2,80	4,00	5,60	7,00	8,00	11,20	14,00
Nivel de presión sonora (baja-med-alta) ⁽²⁾		dB(A)	30 - 32 - 34	30 - 32 - 35		31 - 34 - 38	31 - 34 - 38	33 - 36 - 40	36 - 40 - 43
Potencia sonora		dB(A)	55	56		59	59	60	62
Caudal de aire (baja-med-alta)		m³/h	480 - 540 - 600	540 - 660 - 780	660 - 780 - 900	840 - 960 - 1.140	840 - 960 - 1.140	1.260 - 1.440 - 1.740	1.500 - 1.740 - 2.040
Alimentación			220-240 V - 1h - 50Hz						
Diámetro de tuberías (Liq. - Gas)		pulgadas	1/4 - 1/2		1/4 - 5/8		3/8 - 5/8		

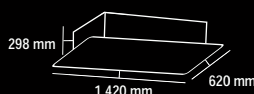
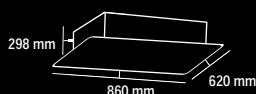
RCD-1~2FSN2



RCD-2.5~3FSN2



RCD-4~5FSN2



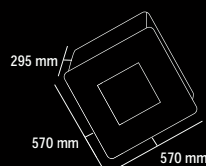
- Baja altura de empotramiento 298 mm.
- Bomba de el evación integrada.
- Integra Bus H-Link II para comunicación entre máquinas HITACHI.

Referencia de la unidad interior	RCD-1FSN2	RCD-1.5FSN2	RCD-2FSN2	RCD-2.5FSN2	RCD-3FSN2	RCD-4FSN2	RCD-5FSN2
Precio	1.766 €	1.819 €	1.936 €	2.048 €	2.218 €	2.546 €	2.795 €

Cassette 4 V as 600 x 600



Unidad interior			RCIM-0.8FSN2	RCIM-1FSN2	RCIM-1.5FSN2	RCIM-2FSN2
Potencia ajustable	CV		-	-	1,30 ← 1,50	1,80 ← 2,00
Potencia nominal ⁽¹⁾	Refrigeración	kW	2,00	2,50	3,60	5,00
	Calefacción	kW	2,20	2,80	4,00	5,60
Nivel de presión sonora (baja-med-alta) ⁽²⁾		dB(A)	28 - 34 - 36		33 - 35 - 38	37 - 39 - 42
Potencia sonora		dB(A)	56		58	62
Caudal de aire (baja-med-alta)		m³/h	600 - 720 - 780		720 - 810 - 900	720 - 840 - 960
Alimentación			220~240V - 1Ph - 50Hz			
Diámetro de tuberías (Liq. - Gas)		pulgadas	1/4 - 1/2			1/4 - 5/8



RCIM-0.8~2FSN2



- Armario eléctrico en el interior y bomba de elevación integrada.
- Instalación en lugar de una placa 600 x 600 mm.
- Integrada Bus H-Link II para comunicación entre máquinas HITACHI.

Referencia de la unidad interior	RCIM-0.8FSN2	RCIM-1FSN2	RCIM-1.5FSN2	RCIM-2FSN2
Precio	1.221€	1.250 €	1.358 €	1.453€

MANDOS COMPATIBLES OPCIONALES INDIVIDUALES

Controles individuales	PC-LH3A	Mando por infrarrojos	143 €*
	PC-ARH	Mando por cable simplificado	143 €
	PC-ART	Mando por cable Multifunción	158 €
	PC-ARF	Mando por cable Multifunción User Friendly	283 €

*Necesita incorporar receptor inalámbrico (excepto para mural RPK).

NOTAS TABLAS TÉCNICAS

(1) La potencia nominal para refrigeración y calefacción es la potencia combinada de las unidades exteriores e interiores del sistema y se basan en la norma EN14511 con las condiciones siguientes:

- Refrigeración: temperatura interior 27°CBS, 19°CBS, temperatura exterior 35°CBS
- Calefacción: temperatura interior 20°CBS; temperatura exterior 7°CBS, 6°CBS
- Longitud de tubería a 7,5m; desnivel a 0m

(2) La medición del nivel sonoro se realiza en una cámara anecoica a 1,5m debajo de la unidad.

● Unidad que puede disminuir su potencia utilizando el DIP Switch.

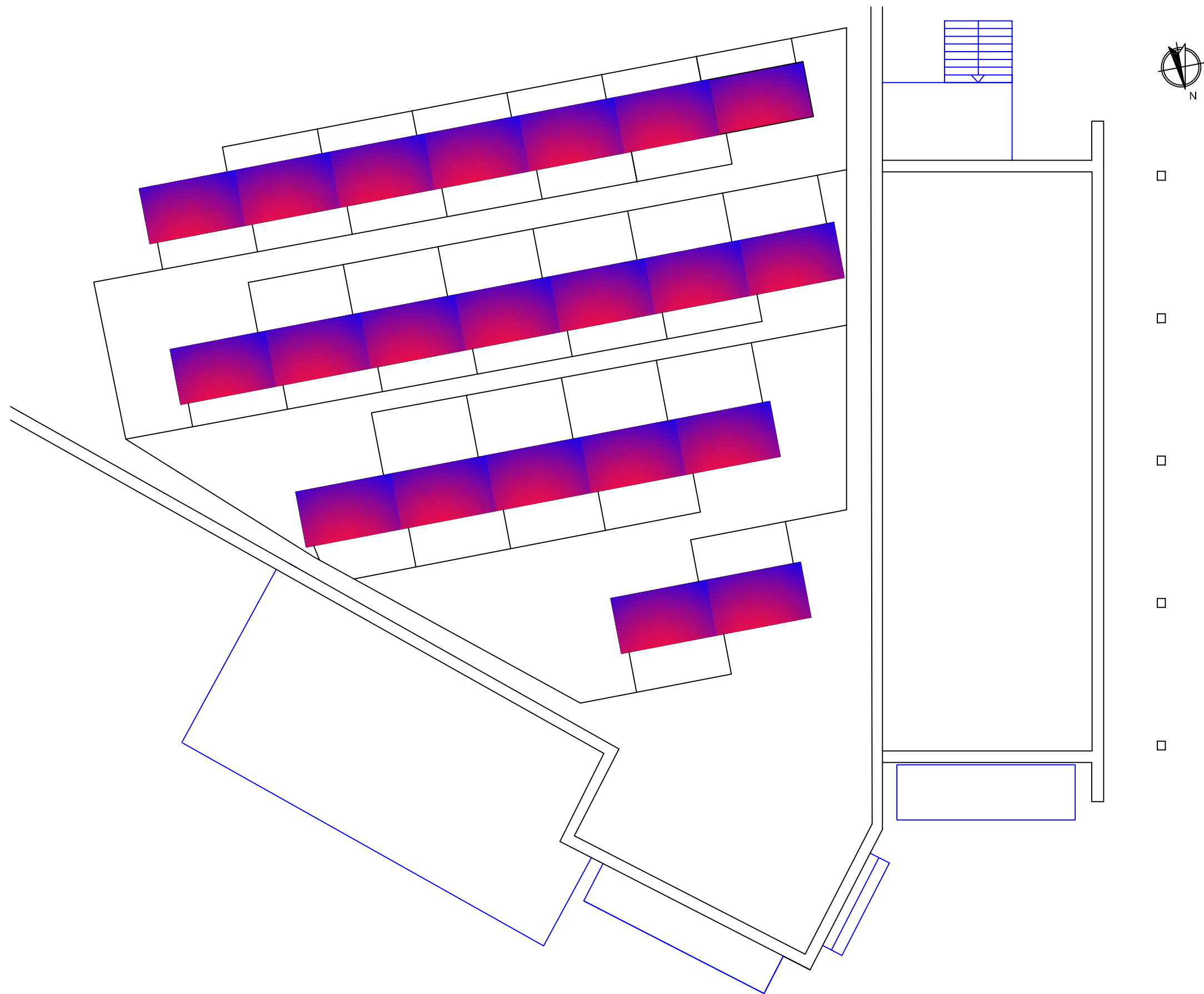
Anexo II. Planos en AutoCAD



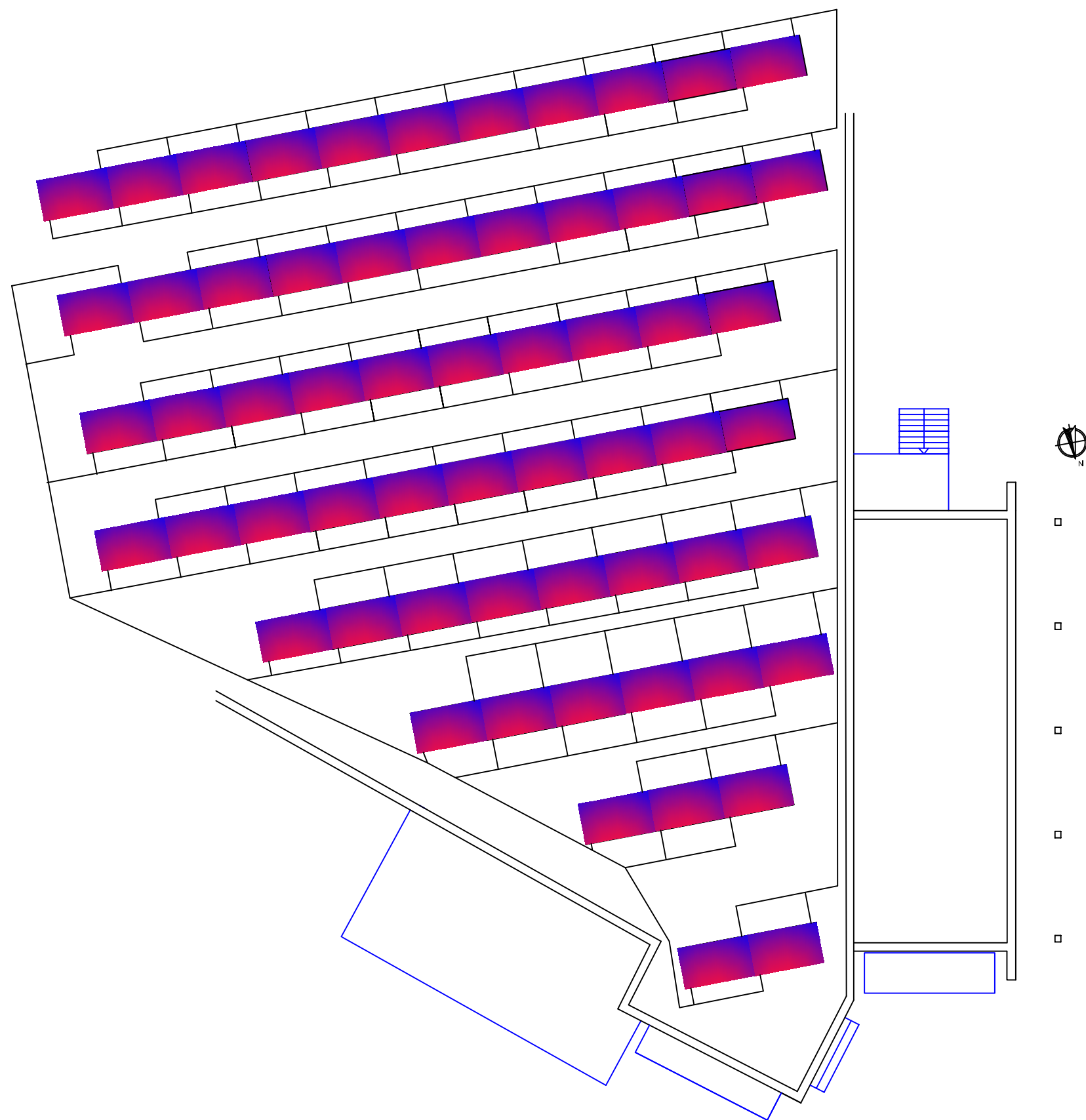
<p>DISEÑO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA MULTIPROPÓSITO PARA UN RESTAURANTE LAS ROZAS - MADRID</p>	<p>AUTOR DEL PROYECTO: ALBERTO LORENZANA GAONA</p>	<p>FACHADAS NORTE</p>		<p>PLANO Nº 1</p>
	<p>TUTOR DEL PROYECTO: RUBÉN VENTAS GARZÓN</p>			
		<p>ESCALA 1/100</p>	<p>NOVIEMBRE 2012</p>	



DISEÑO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA MULTIPROPÓSITO PARA UN RESTAURANTE LAS ROZAS - MADRID	AUTOR DEL PROYECTO: ALBERTO LORENZANA GAONA	PLANTA DE DISTRIBUCIÓN		PLANO Nº 3
	TUTOR DEL PROYECTO: RUBÉN VENTAS GARZÓN			
		ESCALA 1/100	NOVIEMBRE 2012	



DISEÑO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA MULTIPROPÓSITO PARA UN RESTAURANTE LAS ROZAS - MADRID	AUTOR DEL PROYECTO: ALBERTO LORENZANA GAONA	INSTALACIÓN ACS		PLANO Nº 4
	TUTOR DEL PROYECTO: RUBÉN VENTAS GARZÓN			
			NOVIEMBRE 2012	



DISEÑO DE INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA MULTIPROPÓSITO PARA UN RESTAURANTE LAS ROZAS - MADRID	AUTOR DEL PROYECTO: ALBERTO LORENZANA GAONA	INSTALACIÓN ACS Y CLIMATIZACIÓN		PLANO N° 5
	TUTOR DEL PROYECTO: RUBÉN VENTAS GARZÓN			
			NOVIEMBRE 2012	

Anexo III. Programa en MathCAD

Sistema de ecuaciones ACS:

$$\overrightarrow{[C1 \cdot (T_{co} - T_{ci})]} = \overrightarrow{\left[HW_T \cdot A_{col} \cdot \left[a_0 - \frac{T_m - T_0}{HW_T} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{T_m - T_0}{HW_T} \right)^2 \right] \cdot HW_T \right]}$$

$$T_m = \frac{(T_{co} + T_{ci})}{2}$$

$$\overrightarrow{[C1 \cdot (T_{co} - T_{ci})]} = \overrightarrow{[C2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})]}$$

$$\overrightarrow{[C2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})]} = \overrightarrow{[m_{cons} \cdot c_{pcons} \cdot (T_{cons} - T_{red})]}$$

$$\epsilon_{ic} = \frac{\overrightarrow{C2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})}}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ci})}$$

$$E_t = \frac{\overrightarrow{T_{cons} - T_t}}{T_{ico} - T_t}$$

$$T_t = \frac{\overrightarrow{T_{ico} \cdot m_2 + T_{red} \cdot m_{cons}}}{m_2 + m_{cons}}$$

$$f = \frac{\overrightarrow{T_{cons} - T_{red}}}{T_{sum} - T_{red}}$$

$$\begin{pmatrix} \text{var1} \\ \text{var2} \\ \text{var3} \\ \text{var4} \\ \text{var5} \\ \text{var6} \\ \text{var7} \\ \text{var8} \end{pmatrix} := \text{Find}(T_{ici}, T_{ci}, T_{co}, T_{ico}, T_{cons}, T_t, T_m, f)$$

Sistema de ecuaciones ACS con pérdidas:

$$\overrightarrow{[C1 \cdot (Tco - Tci)]} = \overrightarrow{\left[HW_T \cdot Acol \cdot \left[a0 - \frac{T_m - T0}{HW_T} \cdot a1 - a2 \cdot \left(\frac{T_m - T0}{HW_T} \right)^2 \right] \cdot HW_T \right]}$$

$$\overrightarrow{[C1 \cdot (Tco_perdida - Tci_perdida)]} = \overrightarrow{[C2 \cdot (Tico - Tici)]}$$

$$\epsilon_{ic} = \frac{\overrightarrow{C2 \cdot (Tico - Tici)}}{Cmin \cdot (Tco_perdida - Tici)}$$

$$Et = \frac{\overrightarrow{Tcons - Tt}}{Tico - Tt}$$

$$\overrightarrow{[C2 \cdot (Tico - Tici)]} = \overrightarrow{[mcons \cdot cpcons \cdot (Tcons - Tred)]} + \overrightarrow{Q_{perdida_tanque}}$$

$$T_m = \frac{\overrightarrow{(Tco + Tci)}}{2}$$

$$Tt = \frac{\overrightarrow{Tico \cdot m2 + Tred \cdot mcons}}{m2 + mcons}$$

$$f = \frac{\overrightarrow{Tcons - Tred}}{Tsum - Tred}$$

$$\overrightarrow{[C1 \cdot (Tci_perdida - Tci)]} = \overrightarrow{(Q_{perdida_tuberia_entrada})}$$

$$\overrightarrow{[C1 \cdot (Tco - Tco_perdida)]} = \overrightarrow{(Q_{perdida_tuberia_salida})}$$

$$\begin{pmatrix} \text{var1} \\ \text{var2} \\ \text{var3} \\ \text{var4} \\ \text{var5} \\ \text{var6} \\ \text{var7} \\ \text{var8} \\ \text{var9} \\ \text{var10} \end{pmatrix} := \text{Find}(Tici, Tci, Tco, Tico, Tcons, Tt, T_m, f, Tci_perdida, Tco_perdida)$$

Sistema de ecuaciones de climatización:

$$\overrightarrow{[m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{ci})]} = \overrightarrow{\left[HW_T \cdot A_{col} \cdot \left[a_0 - \frac{T_m - T_0}{HW_T} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{T_m - T_0}{HW_T} \right)^2 \cdot HW_T \right] \right]}$$

$$T_m = \frac{(T_{co} + T_{ci})}{2}$$

$$\overrightarrow{[m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{ci})]} = \overrightarrow{[m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})]}$$

$$\epsilon_{ic} = \frac{\overrightarrow{m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})}}{C_{min} \cdot (T_{co} - T_{ici})}$$

$$\overrightarrow{[m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})]} = \overrightarrow{[m_{cons} \cdot Cp_2 \cdot (T_{cons} - T_{ret})]}$$

$$T_t = \frac{\overrightarrow{m_2 \cdot T_{ico} + m_{cons} \cdot T_{ret}}}{m_2 + m_{cons}}$$

$$E_t = \frac{\overrightarrow{T_{cons} - T_t}}{T_{ico} - T_t}$$

$$f_{calefaccion} = \frac{\overrightarrow{T_{cons} - T_{ret}}}{T_{impulsion} - T_{ret}}$$

$$f_{climatizacion} = \frac{\overrightarrow{Q_e}}{Q_{termica} \cdot \frac{Hf}{Hs}}$$

$$\begin{pmatrix} \text{var1} \\ \text{var2} \\ \text{var3} \\ \text{var4} \\ \text{var5} \\ \text{var6} \\ \text{var7} \\ \text{var8} \\ \text{var9} \end{pmatrix} := \text{Find}(T_{ci}, T_{co}, T_m, T_{ici}, T_{ico}, T_t, T_{cons}, f_{calefaccion}, f_{climatizacion})$$

Sistema de ecuaciones de climatización con pérdidas:

$$\overrightarrow{[m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{ci})]} = \overrightarrow{\left[HW_T \cdot Acol \cdot \left[a_0 - \frac{T_m - T_0}{HW_T} \cdot a_1 - a_2 \cdot \left(\frac{T_m - T_0}{HW_T} \right)^2 \cdot HW_T \right] \right]}$$

$$T_m = \frac{(T_{co} + T_{ci})}{2}$$

$$\overrightarrow{[m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co_perdida} - T_{ci_perdida})]} = \overrightarrow{[m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})]}$$

$$\epsilon_{ic} = \frac{\overrightarrow{m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})}}{C_{min} \cdot (T_{co_perdida} - T_{ici})}$$

$$\overrightarrow{[m_2 \cdot Cp_2 \cdot (T_{ico} - T_{ici})]} = \overrightarrow{[m_{cons} \cdot Cp_2 \cdot (T_{cons} - T_{ret})]} + \overrightarrow{Q_{perdida_tanque}}$$

$$T_t = \frac{\overrightarrow{m_2 \cdot T_{ico} + m_{cons} \cdot T_{ret}}}{m_2 + m_{cons}}$$

$$E_t = \frac{\overrightarrow{T_{cons} - T_t}}{T_{ico} - T_t}$$

$$f_{calefaccion} = \frac{\overrightarrow{T_{cons} - T_{ret}}}{T_{impulsion} - T_{ret}}$$

$$f_{climatizacion} = \frac{\overrightarrow{Q_e}}{Q_{termica} \cdot \frac{H_f}{H_s}}$$

$$\overrightarrow{[m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{ci_perdida} - T_{ci})]} = \overrightarrow{(Q_{perdida_tuberia_entrada})}$$

$$\overrightarrow{[m_1 \cdot Cp_1 \cdot (T_{co} - T_{co_perdida})]} = \overrightarrow{(Q_{perdida_tuberia_salida})}$$

$$\begin{pmatrix} \text{var1} \\ \text{var2} \\ \text{var3} \\ \text{var4} \\ \text{var5} \\ \text{var6} \\ \text{var7} \\ \text{var8} \\ \text{var9} \\ \text{var10} \\ \text{var11} \end{pmatrix} := \text{Find}(T_{ci}, T_{co}, T_m, T_{ici}, T_{ico}, T_t, T_{cons}, f_{calefaccion}, f_{climatizacion}, T_{ci_perdida}, T_{co_perdida})$$